



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PERANCANGAN SISTEM PEMELIHARAAN PADA TURBIN 103-JT MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
(STUDI KASUS: PT. PETROKIMIA GRESIK UNIK AMONIA PABRIK I)**

ZIEDA AMALIA
NRP. 2111100041

Dosen Pembimbing
Ir. WITANTYO, M.Eng.Sc

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - TM 141585

**MAINTENANCE SYSTEM DESIGN TURBINE 103-JT USING
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) METHOD
(STUDY CASE: PT. PETROKIMIA GRESIK UNIK AMONIA
PABRIK I)**

**ZIEDA AMALIA
NRP. 2111100041**

**Dosen Pembimbing
Ir. WITANTYO, M.Eng.Sc**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

**PERANCANGAN SISTEM PEMELIHARAAN PADA
TURBIN 103-JT MENGGUNAKAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
(STUDI KASUS: PABRIK I PT PETROKIMIA
GRESIK)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S – 1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

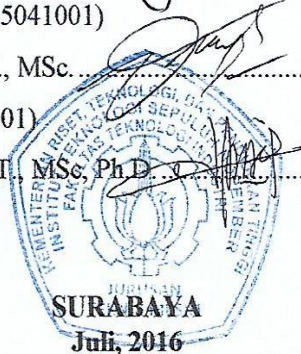
Oleh :

ZIEDA AMALIA

Nrp. 2111 100 041

Disetujui Oleh Pembimbing dan Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc. (Pembimbing I)
(NIP: 196303141988031002)
2. Ari Kurniawan S., ST., MT. (Penguji I)
(NIP: 198604012015041001)
3. Dinny Harnany, ST., MSc. (Penguji II)
(NIP: 2100201405001)
4. Latifah Nurahmi, ST., MSc, Ph.D. (Penguji III)
(NIP: 210000011)



**PERANCANGAN SISTEM PEMELIHARAAN PADA
TURBIN 103-JT
MENGUNAKAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
(RCM)
(STUDI KASUS:PT PETROKIMIA GRESIK UNIT
AMONIA PABRIK I)**

Nama	: Zieda Amalia
NRP	: 2111 100 041
Jurusan	: Teknik Mesin FTI- ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Witantyo, M. Eng.Sc

ABSTRAK

PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu industri yang bergerak dalam bidang produksi pupuk, bahan-bahan kimia (H_2SO_4 , H_2PO_4 , CO_2 , cement retarder, aluminium fluoride) dan jasa lainnya seperti konstruksi. Program pemeliharaan mesin sangat penting untuk kelancaran proses produksi. Data dari Departemen Pemeliharaan 1 unit TA dan Reliabilitas menunjukkan bahwa beberapa subsistem turbin 103-JT sering mengalami kerusakan yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada sistem tersebut. Pada penelitian tugas akhir ini, sistem pemeliharaan turbin 103-JT dievaluasi dengan menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk menurunkan tingkat breakdown mesin dan downtime produksi.

Solusi yang ditawarkan pada tugas akhir ini adalah dengan melakukan analisa data dari historis kerusakan turbin 103-JT. Kemudian tahap Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan identifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem yang

mungkin terjadi. Selanjutnya tahap Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode analisis dengan melakukan analisa kualitatif untuk mengetahui bagian mana dari sistem yang gagal dan perlu dilakukan tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan kegagalan yang ada agar kejadian yang sama tidak terulang. Selanjutnya tahap Logic Tree Analysis (LTA) merupakan diagram alir proses klasifikasi model pemeliharaan yang sesuai sehingga dapat ditentukan kegiatan perancangan perawatan yang tepat pada setiap komponen.

Hasil menunjukkan bahwa dari tugas akhir ini penyebab utama kegagalan turbin 103-JT adalah temperatur tinggi pada bearing atau bearing melting. Terdapat 4 kategori maintenance task yang telah durumuskan untuk 12 failure mode yaitu schedule on condition task untuk blade rubbing, labyrinth, scheduled discard task untuk komponen rotor, nozzle, failure finding untuk komponen journal bearing, dan redesign untuk komponen thrust bearing

Kata kunci: turbin 103-JT, perancangan perawatan, Reliability Centered Maintenance

**MAINTENANCE SYSTEM DESIGN ON TURBINE 103-JT
USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE
(RCM) METHOD
(STUDY CASE: PT PETROKIMIA GRESIK UNIT
AMONIA PABRIK I)**

Nama	: Zieda Amalia
NRP	: 2111 100 041
Jurusan	: Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Witantyo, M.Eng.Sc

ABSTRACT

PT. Petrokimia Gresik is one of the industries which produce fertilizer, chemicals (H_2SO_4 , H_2PO_4 , CO_2 , cement retarder, aluminum fluoride) and other services such as constructions. The maintenance program of engine is essential for the fluency of production process. The data from Departemen Pemeliharaan Unit TA dan Reliabilitas shows some turbine 103-JT subsystems often damage which could cause failures on the system. In this research, maintenance system of turbine 103-JT is evaluated by using Reliability Centered Maintenance (RCM) method to lower the engine breakdown and production downtime level.

The solution offered in this thesis is analyzing the data from the damage turbine 103-JT history. Then Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) stage is a failure identification of component which could cause function failure from system that might happens. The next Fault Tree Analysis (FTA) stage is an analysis method by doing qualitative analysis to determine which parts of the system are failed

and the necessary of corrective and preventive action based on existing failures in order to prevent the same occurrence repeated. The next Logic Tree Analysis (LTA) stage is a classification process flowchart of appropriate maintenance model so that it can be obtained a proper maintenance design activity on each components.

The result of this thesis shows that the major cause of the turbine 103-JT failure is a high temperature on bearing or melting bearing. There are 4 categories of maintenance task which have been defined for 12 failure modes, schedule on condition task for blade rubbing, labyrinth component, scheduled discard task for rotor, nozzle components, failure finding for journal bearing component, and redesign for thrust bearing component, .

Keywords: turbine 103-JT, maintenance design, Reliability Centered Maintenance

DAFTAR ISI

ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR.....	Error! Bookmark not defined.
BAB I	Error! Bookmark not defined.
PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang ..	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4 Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II	Error! Bookmark not defined.
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI....	Error! Bookmark not defined.
	Bookmark not defined.
2.1 Tinjauan Pustaka	Error! Bookmark not defined.
2.2 Perawatan	Error! Bookmark not defined.
2.3 Reliability Centered Maintenance (RCM) .	Error! Bookmark not defined.
	Bookmark not defined.
2.3.1 Tujuan Reliability Centered Maintenance (RCM)	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Prinsip-Prinsip RCM	Error! Bookmark not defined.
	defined.

2.3.3 Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) **Error! Bookmark not defined.**

2.4 Turbin Uap **Error! Bookmark not defined.**

2.4.1 Pengertian Turbin Uap **Error! Bookmark not defined.**

2.4.2 Fungsi Kerja Turbin **Error! Bookmark not defined.**

2.4.3 Bagian-bagian Turbin **Error! Bookmark not defined.**

BAB III.....**Error! Bookmark not defined.**

METODOLOGI PENELITIAN ... **Error! Bookmark not defined.**

3.1 Diagram Alir Penelitian **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Metodologi Penelitian **Error! Bookmark not defined.**

3.2.1 Studi Literatur, Studi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan **Error! Bookmark not defined.**

3.2.2 Perumusan Masalah **Error! Bookmark not defined.**

3.2.3 Pengumpulan Data **Error! Bookmark not defined.**

3.2.4 Pengolahan Data **Error! Bookmark not defined.**

3.2.5 Deskripsi Sistem **Error! Bookmark not defined.**

3.2.6 Batasan Sistem dan *Block Diagram* **Error! Bookmark not defined.**

3.2.7	Pengumpulan Data <i>Shutdown</i>	Error! Bookmark not defined.
3.2.8	Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) .	Error! Bookmark not defined.
3.2.9	Fault Tree Analysis	Error! Bookmark not defined.
3.2.10	Logic Tree Analysis (LTA)	Error! Bookmark not defined.
3.2.11	Perancangan Sistem	Error! Bookmark not defined.
3.2.12	Rekomendasi	Error! Bookmark not defined.
BAB IV.....		Error! Bookmark not defined.
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		Error! Bookmark not defined.
4.1	Sistem Pemeliharaan yang diterapkan Departemen Pemeliharaan 1 PT. Petrokimia Gresik	Error! Bookmark not defined.
4.2	Analisa Pemilihan Sistem	Error! Bookmark not defined.
4.3	Analisis Pemilihan Komponen Kritis.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	Deskripsi Sistem	Error! Bookmark not defined.
4.4.2	Pengumpulan Data Kerusakan.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.3	Fungsi, Kegagalan Fungsi, Modus Kegagalan, dan Efeknya	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	Analisis Kegagalan	Error! Bookmark not defined.

4.4.2 Analisis *Maintenance Task***Error! Bookmark not defined.**

4.4 Rekomendasi.....**Error! Bookmark not defined.**

BAB V**Error! Bookmark not defined.**

KESIMPULAN DAN SARAN **Error! Bookmark not defined.**

5.1 Kesimpulan **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA.....**Error! Bookmark not defined.**

LAMPIRAN**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Sheet Steam Turbin 103-JT	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4.2 Deskripsi Sistem	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3 Data Shutdown Komponen Kritis Turbin 103-JT	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4.6 Logic Tree Analysis	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Rekomendasi Maintenance Task.....	Error!
Bookmark not defined.	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Frekuensi Kerusakan Sistem 103-JT Tahun 2000-2012**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.1 Basic event **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2. 2 Undeveloped event**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.3 Conditioning event**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.4 External event**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.5 Intermediate event**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.6 Gerbang OR**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.7 Gerbang AND**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.8 Gerbang INHIBIT**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.9 Gerbang EXCLUSIVE OR**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.10 Gerbang PRIORITY AND.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.11 Triangle-in**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 2.12 Triangle-out**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.1 Struktur Organisasi Departemen Pemeliharaan 1**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.2 Frekuensi Kerusakan**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.3 Frekuensi kerusakan turbin 103-JT tahun 2000-2012 **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.4 Bearing Melting**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5 Blade Aus.. **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Labyrinth Rotor Damage**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 Fault Tree Analysis Temperatur Bearing Tinggi **Error! Bookmark not defined.**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

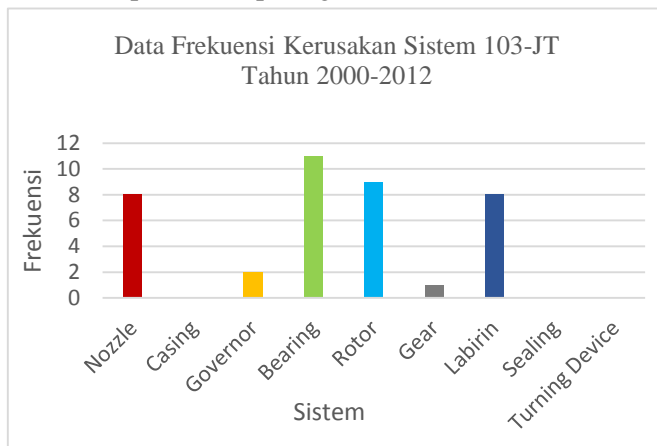
PT. Petrokimia Gresik merupakan perusahaan berstatus BUMN (Badan Usaha Milik Negara) dalam lingkup Departemen Perindustrian dan Perdagangan yang bergerak dalam bidang produksi pupuk, bahan-bahan kimia (H_2SO_4 , H_2PO_4 , CO_2 , cement retarder, aluminium fluoride) dan jasa lainnya seperti konstruksi. PT. Petrokimia Gresik merupakan pabrik pupuk tertua kedua di Indonesia setelah PT. Pupuk Sriwijaya (PUSRI) di Palembang dan juga merupakan pabrik pupuk terlengkap di antara pabrik pupuk lainnya. Jenis pupuk yang diproduksi oleh PT. Petrokimia Gresik antara lain: Zwavelzuur Ammonium (ZA I, ZA II, ZA III), Super Phospat (SP-36 I/TSP 1, SP-36 II/TSP2), NPK/PHONSKA dan Urea.

PT. Petrokimia Gresik mempunyai 3 (tiga) lokasi pabrik, yaitu Pabrik I, Pabrik II, dan Pabrik III. Pabrik-pabrik tersebut memiliki proses produksi dan menghasilkan bahan yang berbeda-beda. Pabrik I (pabrik pupuk nitrogen) menghasilkan Amoniak, ZA I dan III, Urea, CO_2 dan Dry Ice, dan Utility. Pabrik II (Pabrik pupuk Fosfat) menghasilkan SP-36 1&2, Phonska, Tank yard amoniak dan Phospat. Pabrik III (pabrik Asam Fosfat) menghasilkan Asam Sulfat, Asam Phospat (H_3PO_4), Aluminium Fluoride (AlF_3), dan Cement Retarder, ZA II.

Turbin 103-JT yang dimiliki PT. Petrokimia Gresik berfungsi sebagai penggerak proses produksi pada Pabrik 1 unit Amoniak yang merubah secara langsung energi yang terkandung dalam uap menjadi gerak putar pada poros. Apabila terjadi kegagalan pada turbin 103-JT, maka secara tidak langsung operasional

pabrik 1 juga akan terhenti. Alhasil biaya produksi pada unit Amoniak akan membengkak.

Salah satu unit kerja PT. Petrokimia Gresik yang bertugas menyusun program pemeliharaan tahunan, mengendalikan program pemeliharaan tahunan, membuat laporan kegiatan pemeliharaan tahunan, dan mengevaluasi program pemeliharaan tahunan adalah Unit TA dan Reliabilitas. Menurut data Departemen Pemeliharaan 1 unit TA dan Reliabilitas PT. Petrokimia Gresik, terdapat beberapa komponen yang menyusun turbin 103-JT sering mengalami kerusakan yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan pada turbin 103-JT ketika beroperasi yang berdampak unit Amoniak mengalami *trip*. Maka dari itu perlu dilakukan evaluasi pada sistem perawatan untuk mengurangi kerusakan pada komponen-komponen turbin 103-JT serta nilai kerugian produksi dapat seminimum mungkin. Data frekuensi kerusakan sistem turbin 103-JT Unit Amoniak selama periode Oktober 2000 sampai dengan Desember 2012 tersebut dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Frekuensi Kerusakan Sistem 103-JT Tahun 2000-2012

Pada gambar 1.1, sistem yang mempunyai frekuensi kerusakan paling tinggi adalah nozzle, bearing, rotor, dan labirin sehingga objek penelitian difokuskan pada empat sistem tersebut.

Permasalahan terkait seringnya terjadi kerusakan pada komponen turbin 103-JT dapat diatasi dengan menentukan perancangan kegiatan perawatan yang tepat. Pada Tugas Akhir ini akan ditentukan perancangan kegiatan perawatan yang tepat berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Komponen turbin 103-JT yang sering terjadi kerusakan diidentifikasi penyebab kegagalannya. Dari penyebab kegagalan tersebut dapat dianalisa agar mendapatkan rekomendasi perancangan kegiatan perawatan pada setiap komponen untuk menurunkan tingkat *breakdown* mesin dan *downtime* produksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* dalam perancangan kegiatan perawatan Turbin 103-JT untuk menurunkan tingkat *breakdown* mesin dan *downtime* produksi?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah yang telah diuraikan di atas dan juga metode *preventive maintenance* yang tidak efektif lagi dengan menggunakan perhitungan waktu kerusakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan rekomendasi perancangan kegiatan perawatan pada setiap komponen dengan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*.

1.4 Batasan Masalah

Dengan melihat kompleksnya permasalahan yang ada, maka pembatasan masalah dilakukan sebagai berikut:

1. Komponen yang dianalisis adalah bearing, rotor, nozzle, dan labirin sistem turbin 103-JT pada Unit Amoniak Pabrik 1.
2. Data yang diteliti adalah historis kerusakan turbin 103-JT dari bulan Oktober 2000 sampai dengan Desember 2012.
3. Faktor teknis jenis peralatan yang digunakan, tatacara pembongkaran dan pemasangan mesin tidak masuk dalam pembahasan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian tugas akhir ini dapat dijadikan sarana untuk mengevaluasi dan memperbaiki sistem perawatan pada turbin 103-JT yang selama ini telah dilakukan, sehingga diharapkan frekuensi kerusakan dapat diperkecil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Aktifitas perawatan merupakan salah satu hal yang penting untuk suatu mesin pada sebuah perusahaan. Jika suatu komponen mesin mengalami kegagalan atau kerusakan maka mengakibatkan mesin mengalami *downtime*, proses produksi terhenti dan perusahaan mengalami kerugian. Penelitian-penelitian mengenai penentuan jenis perawatan yang efektif umumnya dilakukan untuk memperoleh nilai *cost* seminimum mungkin.

Salah satu penelitian menggunakan *Reliability Centered Maintenance* RCM adalah Perawatan Mesin dengan Metode RCM di PT. Perkebunan Nusantara VII (PERSERO) Unit Usaha Sungai Niru Kab. Muara Enim [1]. Pada penelitian ini berisi, *Condition Directed* (CD) yaitu tindakan yang diambil yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara *visual inspection*, memeriksa alat dan *memonitoring* sejumlah data yang ada, *Failure Finding* (FF) yaitu tindakan yang diambil untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala, *Run to Failure* (RTF) ini bersifat korektif, perhitungan berdasarkan *Total Minimum Downtime* (TMD).

Penelitian mengenai jadwal perawatan yaitu *Reliability Centered Maintenance in Schedule Improvement of Automotive Assembly Industry* dengan menerapkan *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) [2]. Pelaksanaan RCM dilakukan dalam 4 tahap yaitu tahap persiapan, tahap analisis sistem, tahap pengambilan keputusan selanjutnya didapatkan rekomendasi pemeliharaan selanjutnya.

Penelitian lain mengenai menggunakan metode RCM adalah *Reliability Centered Maintenance*

Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower [3]. Pada penelitian ini digunakan *RCM Information Worksheet* yang berisi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan dan efek kegagalan pada setiap subsistem. Informasi tersebut digunakan untuk menentukan *maintenance task* yang cocok untuk setiap modus kegagalan yang terjadi menggunakan *RCM Decision Worksheet*.

Pada Tugas Akhir ini akan ditentukan *maintenance task* yang tepat berdasarkan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Komponen yang sering terjadi kerusakan diidentifikasi penyebab kegagalannya. Dari penyebab kegagalan tersebut dapat dianalisa agar mendapatkan rekomendasi perancangan kegiatan perawatan pada setiap komponen untuk menurunkan tingkat *breakdown* mesin dan *downtime* produksi.

2.2 Perawatan

Perawatan [4] merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga atau memperbaiki setiap fasilitas agar tetap dalam keadaan yang dapat diterima menurut standar yang berlaku pada tingkat biaya yang wajar.

Tujuan dilakukannya tindakan perawatan diantaranya adalah:

1. Menjamin ketersediaan, keandalan fasilitas (mesin dan peralatan) secara ekonomis maupun teknis.
2. Memperpanjang umur pakai fasilitas.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan dalam keadaan darurat.
4. Menjamin keselamatan kerja, keamanan dalam penggunaannya.

Kegiatan perawatan terbagi kedalam dua jenis pengklasifikasian:

1. *Preventive maintenance*, kegiatan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan. Tujuan dilakukannya perawatan ini adalah:
 - a. Mencegah terjadinya kerusakan.
 - b. Mendeteksi kerusakan yang terjadi.
 - c. Menemukan kerusakan yang tersembunyi.

Terdapat 4 kategori kebijakan perawatan yang termasuk kedalam jenis perawatan ini:

- a. *Time directed*, kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan secara berkala pada suatu peralatan sehingga alat tersebut kembali pada kondisi semula, sebelum alat tersebut diganti oleh alat yang baru.
- b. *Condition directed*, kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan sesuai dengan kondisi yang berlangsung dimana variabel waktu tidak diketahui kapan secara tepat, sehingga tidak diketahui kerusakan akan terjadi pada peralatan, oleh karena itu diperlukan prediksi waktu terjadinya kerusakan.
- c. *Finding Failure*, kegiatan perawatan pencegahan yang dilakukan dengan cara memeriksa fungsi yang tersembunyi (*hidden function*) secara periodik untuk memastikan kapan suatu komponen akan mengalami kegagalan.
- d. *Run to Failure*, kegiatan perawatan yang bertujuan untuk mengetahui kapan terjadinya kerusakan dengan cara membiarkan suatu alat beroperasi sampai alat tersebut mengalami

kerusakan, sehingga program *corrective maintenance* dapat digunakan sebagai strategi *preventive maintenance*.

2. *Corrective maintenance*, kegiatan perawatan yang tidak direncanakan untuk mengembalikan performansi kerja atau kemampuan peralatan ke kondisi semula. Tindakan yang diambil berupa penggantian komponen, perbaikan kecil, dan perbaikan besar pada akhir periode tertentu (overhaul).

2.3 Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM mempunyai beberapa definisi adalah sebagai berikut [5]:

1. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apayang harus dikerjakan untuk menjamin setiap aset fisik tetap bekerja sesuai yang diinginkan atau suatu proses untuk menentukan perawatan yang efektif.
2. *Reliability Centered Maintenance* adalah suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance* (pm) dan *corective maintenance* (CM) untuk memaksimalkan umur (*life time*) dan fungsi aset/sistem/*equipment* dengan biaya minimal (*minimum cost*)

2.3.1 Tujuan Reliability Centered Maintenance (RCM)

Adapun tujuan dari RCM diantaranya adalah [5]:

1. Mengembangkan desain yang sifat mampu dipeliharanya baik.
2. Memperoleh informasi penting untuk melakukan pengembangan pada desain awal yang kurang baik.

3. Mengembangkan sistem perawatan yang dapat mengembalikan pada keandalan dan keamanan seperti kondisi peralatan semula dari deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
4. Mewujudkan semua tujuan diatas dengan biaya minimum.

2.3.2Prinsip-Prinsip RCM

Adapun prinsip-prinsip dari RCM diantaranya adalah [5]:

1. RCM memelihara fungsional sistem, bukan sekedar memelihara suatu sistem/alat agar beroperasi tetapi memelihara agar fungsi sistem/alat tersebut sesuai dengan harapan.
2. RCM lebih fokus kepada fungsi sistem daripada suatu komponen tunggal, yaitu apakah sistem masih dapat menjalankan fungsi utama jika suatu komponen mengalami kegagalan.
3. RCM berbasiskan pada kehandalan yaitu kemampuan suatu sistem/*equipment* untuk terus beroperasi sesuai dengan fungsi yang diinginkan.
4. RCM bertujuan menjaga agar kehandalan fungsi sistem tetap sesuai dengan kemampuan yang didesain untuk sistem tersebut.
5. RCM mengutamakan keselamatan (*safety*) baru kemudian untuk masalah ekonomi.
6. RCM mendefinisikan kegagalan (*failure*) sebagai kondisi yang tidak memuaskan (*unsatisfactory*) atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *performance standard* yang ditetapkan.
7. RCM harus memberikan hasil-hasil yang nyata/jelas, tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan (*failure*) atau

paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akaibat kegagalan.

2.3.3 Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi (*System Selection and Information Collection*) [5]

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria yaitu:

- a. Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi karena berkaitan dengan masalah keselamatan (*safety*) dan lingkungan.
- b. Sistem yang memiliki *preventive maintenance* dan/atau biaya *preventive maintenance* yang tinggi.
- c. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan/atau biaya *corrective maintenance* yang banyak.
- d. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar atas terjadinya *full* atau *partial outage* (atau *shutdown*)

Sedangkan dokumen atau informasi yang dibutuhkan dalam analisis RCM antara lain:

- a. *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID) merupakan ilustrasi skematik dari hubungan fungsi antara perpipaan, instrumentasi, komponen peralatan dan system.
- b. *Schematic/Block Diagram* merupakan sebuah gambaran dari sistem, rangkaian atau program yang masing-masing fungsinya diwakili oleh gambar kotak berlabel dan hubungan diantaranya digambarkan dengan garis penghubung.
- c. *Vendor Manual* yaitu berupa dokumen data dan informasi mengenai desain dan

operasi tiap peralatan (*equipment*) dan komponen.

- d. *Equipment History* yaitu kumpulan data kegagalan (*failure*) komponen dan peralatan dengan data *corrective maintenance* yang pernah dilakukan.

2. Definisi Batas Sistem (*System Boundary Definition*)

Definisi batas sistem (*system boundary definition*) [5] digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM), berisi tentang apa yang harus dimasukkan dan yang tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas dan perumusan *system boundary definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

3. Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional (*System Description and Functional Block Diagram*)

Deskripsi sistem dan diagram blok [7] merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem berupa blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut sehingga dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi:

- a. Deskripsi sistem
Uraian sistem yang menjelaskan cara kerja sistem serta penggunaan instrumen yang ada dalam sistem.
- b. Fungsional Block Diagram
Interaksi antara satu blok diagram fungsi dengan blok diagram fungsi lainnya.

c. Masukan dan keluaran sistem (*In&Out Interface*)

Penetapan batas-batas sistem dan pengembangan fungsi subsistem memungkinkan kita untuk melengkapi dan mendokumentasikan fakta dari elemen-elemen yang melintasi batas sistem. Elemen-elemen melintasi sistem dapat berupa energi, panas, sinyal, *fluida*, dan sebagainya. Beberapa elemen berperan sebagai *input* dan beberapa elemen berperan sebagai *output* yang melintasi batas sistem.

d. *System Work Breakdown System* (SWBS)

SWBS digunakan untuk menggambarkan kelompok bagian-bagian peralatan yang menjalankan fungsi tertentu.

4. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) [5] adalah proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) meliputi pengidentifikasian yaitu:

- a. *Failure Cause*: penyebab terjadinya *failure mode*
- b. *Failure Effect*: dampak yang ditimbulkan *failure mode*, *failure effect* ini dapat ditinjau dari 3 sisi level yaitu:
 - Komponen / Lokal
 - Sistem
 - Plant

5. *Fault Tree Analysis* (FTA)

Metode FTA [6] sering digunakan untuk menganalisa kegagalan sistem. *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah metode analisa, dimana terdapat suatu kejadian yang tidak diinginkan disebut *undesired event* terjadi pada sistem, dan sistem tersebut kemudian dianalisa dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada untuk menemukan semua cara yang mungkin terjadi yang mengarah pada terjadinya *undesired event* tersebut.

Dengan metode FTA ini, akan dapat diketahui kegagalan-kegagalan yang menjadi penyebab terjadinya *undesired event*. Mencari penyebab-penyebab *undesired event* adalah analisa secara kualitatif. Melakukan analisa kualitatifkan dapat diketahui bagian mana dari sistem yang gagal dan perlu dilakukan tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan kegagalan yang ada agar kejadian yang sama tidak terulang.

Untuk menganalisa kegagalan sistem dengan metode FTA, perlu dibuat pohon kegagalan atau *fault tree* dari sistem yang dianalisa terlebih dahulu. *Fault tree* adalah model garfis dari kegagalan-kegagalan pada sistem dan kombinasinya yang menghasilkan terjadinya *undesired event*. Kegagalan yang ada pada sistem bisa dikarenakan kegagalan pada komponennya, kegagalan pada manusia yang mengoperasikan atau disebut juga *human error*, dan kejadian-kejadian diluar sistem yang dapat mengarah pada terjadinya *undesired event*.

Fault tree dibangun berdasarkan pada salah satu *undesired event* yang dapat terjadi pada sistem. Hanya bagian-bagian tertentu dari sistem yang berhubungan beserta kegagalan-

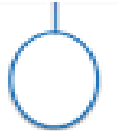
kegagalan yang ada, yang dipakai untuk membangun *fault tree*.

Pada suatu sistem bisa terdapat lebih dari satu *undesired event* dan masing-masing *undesired event* mempunyai representasi *fault tree* yang berbeda-beda yang disebabkan faktor-faktor atau bagian-bagian sistem dan kegagalan yang mengarah pada satu kejadian berbeda dengan lainnya. Pada *fault tree*, *undesired event* yang akan dianalisa disebut juga *top event*.

a. Simbol Kejadian

Simbol kejadian adalah simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem, yaitu:

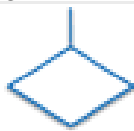
- *Basic event* yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Basic event*

Simbol lingkaran gambar 2.1 digunakan untuk menyatakan *basic event* atau *primery event* atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya. Artinya, simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

- *Undeveloped event* yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Undeveloped event

Simbol wajik atau *diamond* gambar 2.2 untuk menyatakan *undeveloped event* atau kejadian tidak berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebabnya baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya.

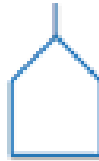
- *Conditioning event* yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Conditioning event*

Simbol oval gambar 2.3 untuk menyatakan *conditioning event*, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang (biasanya pada gerbang INHIBIT dan PRIORITY AND). Jadi kejadian *output* terjadi jika kejadian *input* terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.

- *External event* yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *External event*

Simbol rumah gambar 2.4 digunakan untuk menyatakan *external event* yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.

- *Intermediate event* yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Intermediate event*

Simbol persegi panjang gambar 2.5 berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian *input* gagal yang masuk gerbang.

b. Simbol gerbang

Simbol gerbang dipakai untuk menunjukkan hubungan diantara kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output* dengan kata lain, kejadian *output* disebabkan oleh kejadian *input* yang berhubungan dengan cara tertentu. Simbol gerbang yaitu:

- Gerbang OR yang ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Gerbang OR

Gerbang OR dipakai untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan muncul terjadi jika satu atau lebih kejadian gagal yang merupakan inputnya terjadi.

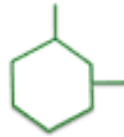
- Gerbang AND yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Gerbang AND

Gerbang AND digunakan untuk menunjukkan kejadian *output* muncul hanya jika semua *input* terjadi.

- Gerbang INHIBIT yang ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Gerbang INHIBIT

Gerbang dengan lambang segi enam gambar 2.8 merupakan kasus khusus dari gerbang AND. *Output* disebabkan oleh satu *input*, tetapi juga harus memenuhi kondisi tertentu sebelum *input* dapat menghasilkan *output*.

- Gerbang EXCLUSIVE OR yang ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Gerbang EXCLUSIVE OR

Gerbang EXCLUSIVE OR adalah gerbang OR dengan kasus tertentu, yaitu kejadian output muncul jika tepat satu kejadian ikut muncul.

- Gerbang PRIORITY AND



Gambar 2.10 Gerbang PRIORITY AND

Gerbang PRIORITY AND adalah gerbang AND dengan syarat dimana kejadian *output* muncul hanya jika semua kejadian *input* muncul urutan tertentu.

- c. Simbol Transfer

- *Triangle-in* yang ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 *Triangle-in*

Tiangle-in atau *transfer-in*, titik dimana *sub-fault tree* bisa dimulai sebagai kelanjutan pada *transfer out*.

- *Triangle out* yang ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Triangle-out*

Triangle-out atau *transfer out*, titik dimana *fault tree* dipecah menjadi *sub-fault tree*.

6. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Penyusunan *Logic Tree Analysis (LTA)* merupakan proses yang kualitatif yang digunakan untuk mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan oleh masing-masing *failure mode*. Tujuan *Logic Tree Analysis (LTA)* adalah mengklasifikasikan *failure mode* kedalam beberapa kategori sehingga nantinya dapat ditentukan penanganan masing-masing *failure mode* berdasarkan kategorinya [5]. Proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan sebagai berikut [8]:

- a. *Hidden Failure Consequence*
Kondisi ini terjadi apabila konsekuensi kegagalan yang terjadi dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal.
- b. *Safety Consequence*
Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan membunuh seseorang
- c. *Environmental Consequence*

Kegagalan mempunyai konsekuensi lingkungan apabila kegagalan yang terjadi dapat melanggar peraturan atau standar lingkungan perusahaan, wilayah, nasional atau internasional.

d. *Operational Consequence*

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan, dan biaya tambahan dalam perbaikan.

Selanjutnya RCM memusatkan perhatian kepada aktifitas perawatan atau *maintenance task* yang berpengaruh untuk mencegah atau mengatasi setiap *failure mode* yang terjadi. Teknik menangani kegagalan dibagi menjadi dua yaitu *proactive task* dan *default action*. *Proactive task* merupakan pekerjaan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan untuk mencegah peralatan masuk dalam keadaan gagal. RCM membagi *proactive task* kedalam tiga kelompok berikut:

- a. *Scheduled restoration task* mencakup kegiatan rekondisi untuk mengembalikan kemampuan asal atau melakukan *overhaul* pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen pada saat perbaikan. Kegiatan ini mencakup bentuk *interval based maintenance* dan *preventive maintenance*. Aktifitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

- Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.
 - Dapat dilakukan perbaikan untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.
- b. *Scheduled discard task* mencakup kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan atau sesuai interval waktu tertentu tanpa memandang kondisi komponen saat penggantian. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:
- Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *probability of failure*.
 - Perlu dilakukan penggantian komponen dengan komponen baru untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.
- c. *Scheduled on condition task* mencakup kegiatan pengecekan sehingga dapat dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan konsekuensi kegagalan yang terjadi. Kegiatan ini mencakup semua bentuk *condition monitoring* dan *predictive maintenance*. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:
- Suatu komponen dapat dideteksi potensi keagalannya dengan jelas.

- Dapat dilakukan *monitoring* komponen.

Selanjutnya, *default action* adalah aktifitas yang dilakukan pada saat peralatan sudah masuk dalam keadaan gagal dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif atau dengan kata lain perawatan atau penggantian baru dilakukan ketika komponen tersebut telah rusak. RCM membagi tiga kategori besar untuk *default action* yaitu sebagai berikut:

- a. *Failure Finding*, termasuk memeriksa fungsi tersembunyi untuk mengetahui apakah fungsi sudah mengalami kegagalan. Aktifitas ini hampir sama dengan *on condition task*, namun dilakukan saat sistem tersebut sudah gagal berfungsi. Aktifitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:
 - Terdapat kemungkinan untuk dilakukan aktifitas perawatan.
 - Aktifitas perawatan tidak meningkatkan resiko *multiple failure*.
- b. *Redesign*, mencakup perubahan dari kemampuan suatu sistem. Termasuk di dalamnya adalah modifikasi terhadap peralatan atau prosedur kerja. Aktifitas perawatan *redesign* dapat dilakukan dengan cara mengganti spesifikasi komponen, menambahkan komponen baru, mengganti mesin dengan tipe yang lain atau melakukan relokasi mesin.
- c. *No schedule maintenance*, tidak melakukan apapun untuk mengantisipasi atau mencegah modus kegagalan yang

terjadi, dan kegagalan dibiarkan terjadi baru kemudian diperbaiki. Keadaan ini disebut juga dengan *run to failure*. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

- Tidak dapat ditemukan *scheduled task* yang sesuai dan kegagalan tidak memiliki konsekuensi keamanan dan lingkungan.
- Biaya *preventive task* lebih besar daripada biaya jika komponen tersebut mengalami kegagalan.

2.4 Turbin Uap

2.4.1 Pengertian Turbin Uap

Turbine Uap adalah mesin penggerak yang merubah secara langsung energi yang terkandung dalam uap menjadi gerak putar pada poros. Uap *steam* yang diproduksi dari ketel uap/boiler setelah melalui proses yang dikehendaki maka uap yang dihasilkan dari proses tersebut dapat digunakan untuk memutar turbin melalui alat memancar (*nozzle*) dengan kecepatan *relative*, dimana kecepatan *relative* tersebut membentur sudu penggerak sehingga dapat menghasilkan putaran. Uap yang memancar keluar dari *nozzle* diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang disekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan kearah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat meninggalkan sudu turbin berarti hanya sebagian yang energi kinetis dari uap yang diambil oleh sudu-sudu turbin yang berjalan. Supaya energi kinetis yang tersisa saat meninggalkan sudu turbin

dimanfaatkan maka pada turbin dipasang lebih dari satu baris sudu gerak sebelum memasuki baris kedua sudu gerak. Maka antara baris pertama dan baris kedua sudu gerak dipasang satu baris sudu tetap (*guide blade*) yang berguna untuk mengubah arah kecepatan uap, supaya uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat. Kecepatan uap saat meninggalkan sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetis yang tersedia dapat dimanfaatkan sebanyak mungkin. Demikian efisiensi turbin menjadi lebih tinggi karena kehilangan energi *relative* kecil.

2.4.2 Fungsi Kerja Turbin

Fungsi kerja dari turbin uap secara umum suatu peralatan/*equipment* yang digunakan untuk memutar generator, dimana media yang digunakan untuk memutar turbin adalah uap panas lanjut (uap kering) yang terlebih dulu diproses didalam boiler. Banyak pula pada peralatan-peralatan seperti pompa, *fan*, *blower* yang digerakan oleh turbin.

2.4.3 Bagian-bagian Turbin

1. *Casing*

Didalam struktur turbin *casing* dibedakan menjadi 2 bagian yaitu *outer casing* dan *inner casing* dimana *outer casing* terdapat pada HIP sisi Upper dan Lower sedangkan untuk LP hanya sisi Upper, material yang dipakai harus mampu menahan tekanan dan temperatur tinggi. Kedua *casing* tersebut diikat dengan menggunakan baut dengan ukuran yang berbeda-beda. *Inner casing* terdapat pada HP dan LP sisi *Upper* dan *Lower* dengan material yang juga harus mampu menahan tekanan dan temperatur tinggi, kedua *casing* tersebut diikat dengan menggunakan baut dan juga ukurannya berbeda-beda.

2. Rotor

Rotor adalah bagian terpenting dari suatu konstruksi turbin yang berputar, dimana fungsinya sebagai pengikat sudu-sudu turbin

3. Nozzle

Nozzle merupakan yang dilalui uap pertama kali masuk kedalam sudu turbin disebut Nozzle Box, Nozzle atau sudu tetap sendiri merupakan inner part turbin yang fungsinya sebagai alat untuk mengarahkan, menambah tekanan uap untuk memutar sudu (blade) turbin, nozzle ini terpasang pada *casing* sisi *upper* dan *lower* baik pada HIP maupun LP, sedangkan pada HP terpasang pada inner casing, sedangkan yang tersentuh oleh uap didalam nozzle box disebut *First stage* (Curtis).

4. Gland Labyrinth

Merupakan suatu *inner part* dari turbin yang fungsinya sebagai perapat uap (*steam*) antara rotor dengan stator dimana posisinya dekat dengan shaft rotor.

5. Bearing

Bearing merupakan suatu bagian inner part utama dari turbin yang fungsinya sebagai support atau daya lincir untuk shaft turbin dari gaya radial, tipe bearing yang terpasang adalah Tilting pad bearing.

6. Thrust Bearing

Thrust bearing merupakan bagian dari bearing turbin yang fungsinya menahan gaya axial pada saat turbin beroperasi.

7. Governor

Suatu alat atau rangkaian system yang mengontrol putaran steam turbine dengan mengatur jumlah aliran steam yang masuk kedalam turbine, atau dengan membuka dan menutup katup governor.

8. Turning Device

Turning device digunakan untuk memutar rotor pada saat heating up maupun cooling down. agar

tidak terjadi bengkok atau pada saat turbin berhenti lama.

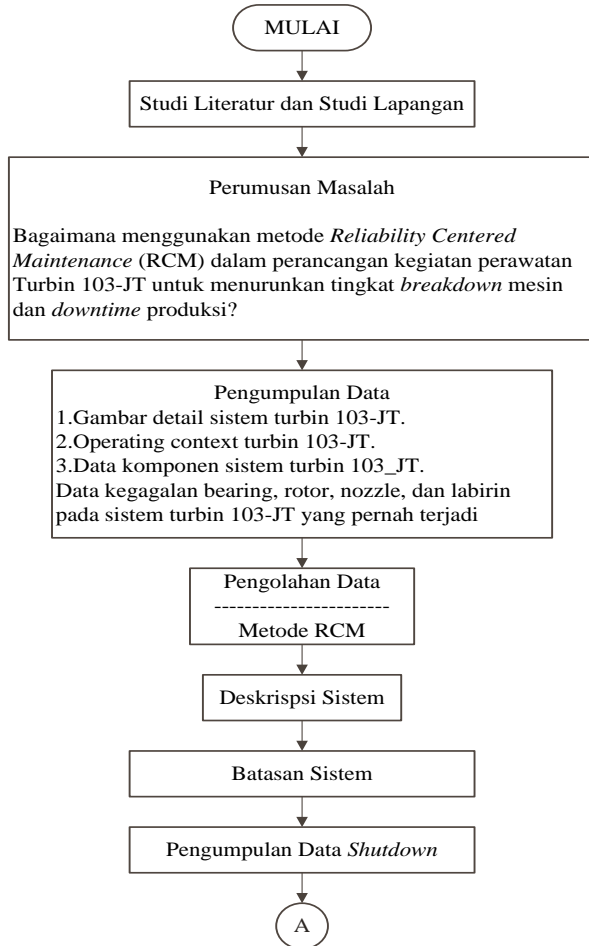
9. Sealing

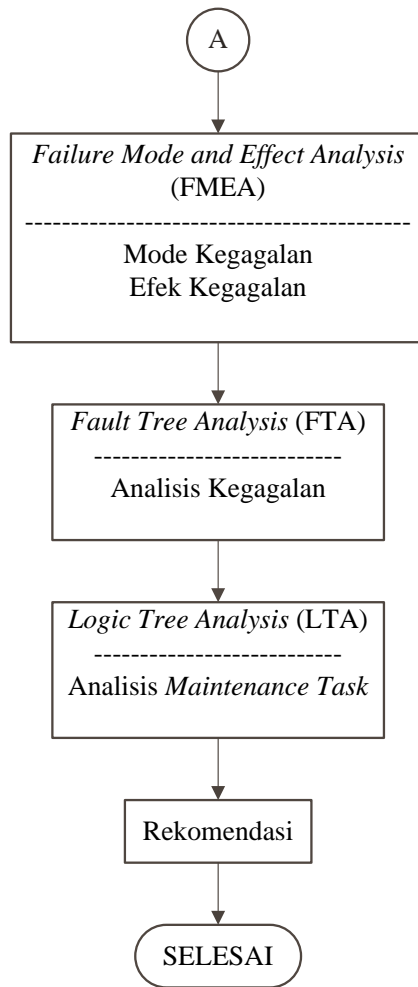
Sealing steam untuk mencegah udara luar / gas yg bersifat uncondensibel, masuk kedalam vaccum system (kondensor)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir penelitian seperti pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metodologi Penelitian

Diagram alir penelitian pada gambar 3.1 di atas dijelaskan sebagai berikut.

3.2.1 Studi Literatur, Studi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan

Langkah awal dalam tugas akhir ini adalah studi lapangan ke PT. Petrokimia Gresik. Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi perusahaan sehingga dapat dilakukan identifikasi permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini. Tahap ini juga menyangkut area spesifik yang digunakan untuk mendapatkan data-data yang mendukung penelitian yaitu Unit TA dan Reliabilitas, Departemen Pemeliharaan I PT. Petrokimia Gresik. Seiring dengan studi lapangan yang dilakukan juga diikuti dengan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk menggali informasi yang dapat mendukung penelitian, baik dari buku, jurnal maupun penelitian-penelitian sebelumnya. Adapun studi literatur yang dilakukan adalah mengenai turbin 103-JT baik berupa gambar detail maupun fungsi subsistem dan komponen, selanjutnya pengolahan data menggunakan metode *Realibility Centered Maintenance*.

3.2.2 Perumusan Masalah

Tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah yang dijadikan objek dalam penelitian ini. Objek yang diteliti bearing, rotor, nozzle, dan labirin pada sistem turbin 103-JT. Alasan pemilihan komponen tersebut karena mempunyai *frekuensi downtime* paling tinggi diantara komponen lain pada sistem turbin 103-JT. Oleh karena itu perlu menentukan perancangan kegiatan perawatan turbin 103-JT untuk menurunkan tingkat *breakdown* mesin dan *downtime* produksi.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini data yang dikumpulkan mulai dari Oktober 2000 sampai dengan Desember 2012. Data-data tersebut yaitu:

1. Gambar detail sistem turbin 103-JT.
2. *Operating context* turbin 103-JT.
3. Data komponen sistem turbin 103-JT.
4. Data kegagalan bearing, rotor, nozzle, dan labirin pada sistem turbin 103-JT yang pernah terjadi.

3.2.4 Pengolahan Data

Berdasarkan data-data yang didapatkan akan dilanjutkan proses analisis untuk dapat menentukan kebijakan perawatan pada objek terpilih menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM), proses analisis adalah sebagai berikut:

3.2.5 Deskripsi Sistem

Pada tahap ini berisikan *system boundary condition* yang menjelaskan batasan yang akan dianalisa, sistem operasi pada turbin 103-JT, *monitor and control point* yang berisikan data komponen. Sistem yang diangkat adalah sistem kerja turbin 103-JT, sebagai penggerak proses produksi pada Pabrik 1 unit Amoniak yang merubah secara langsung energi yang terkandung dalam uap menjadi gerak putar pada poros. Komponen yang menyusun turbin 103-JT sering mengalami kegagalan diantaranya bearing, rotor, nozzle, dan labirin yang mempunyai frekuensi kerusakan paling tinggi.

3.2.6 Batasan Sistem dan *Block Diagram*

Pada tahap inidari *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID) sistem yang telah dipilih ditentukan batasan-batasan yang akan dianalisa selanjutnya dari batasan sistem tersebut disederhanakan menjadi suatu *block diagram* untuk mengetahui hubungan antar subsistem yang terkait.

3.2.7 Pengumpulan Data *Shutdown*

Selanjutnya pengumpulan data kerusakan bearing, rotor, nozzle, dan labirin yang telah terjadi dari bulan Oktober 2000 sampai dengan Desember 2012.

3.2.8 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tahap FMEA merupakan proses mengidentifikasi kegagalan dari suatu komponen yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi dari sistem kerja turbin 103-JT yang mungkin terjadi.

3.2.9 Fault Tree Analysis

Tahap FTA metode analisis dengan melakukan analisa kualitatif untuk mengetahui bagian mana dari sistem yang gagal dan perlu dilakukan tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan kegagalan yang ada agar kejadian yang sama tidak terulang.

3.2.10 Logic Tree Analysis (LTA)

LTA merupakan diagram alir proses klasifikasi *failure mode* kedalam beberapa kategori sehingga dapat ditentukan tingkat prioritas dalam penanganan masing-masing failure mode berdasarkan kategorinya.

3.2.11 Perancangan Sistem

Pada tahap ini merupakan petunjuk pemeliharaan setiap komponen secara garis besar untuk komponen-komponen kritis.

3.2.12 Rekomendasi

Tahap ini merupakan tahap akhir dari tahap pengolahan data. Dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang dilakukan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

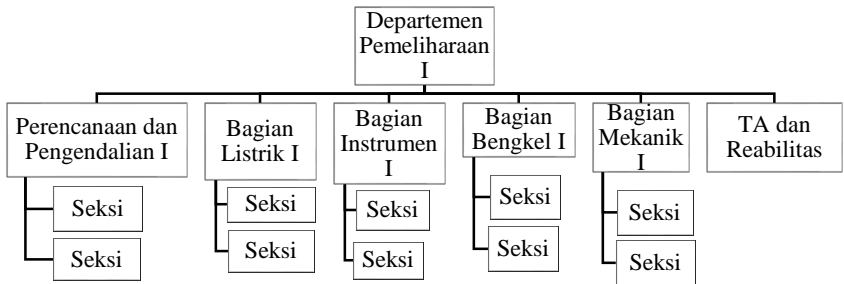
BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dibahas tentang pengumpulan data-data maintenance yang meliputi data kualitatif yang diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik dan wawancara dengan staf terkait kerusakan pada subsistem. Langkah selanjutnya, pengolahan data sehingga mendapatkan rekomendasi perancangan kegiatan perawatan pada setiap komponen. Proses pengolahan data diawali dengan mengidentifikasi sistem pemeliharaan yang diterapkan agar mengetahui kekurangan sistem perawatan yang telah dilakukan oleh PT. Petrokimia Gresik. Selanjutnya analisis sistem meliputi deskripsi dari sistem tersebut yang berisi *operating context*, batasan dari sistem yang dipilih sebagai objek penelitian dan disederhanakan melalui suatu blok diagram. Selanjutnya analisa komponen beserta aliran kerja antar fungsi komponen yang membentuk satu kesatuan subsistem. Selanjutnya RCM Information Worksheet yang berisi data kerusakan yang terjadi, deskripsi fungsi, kegagalan fungsi, modus kegagalan beserta efek kegagalan tiap subsistem dibentuk yang dinamakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), setelah itu menganalisa kegagalan dari tiap mode kerusakan yang dinamakan *Fault Tree Analysis* (FTA). Berdasarkan informasi tersebut *maintenance task* yang tepat untuk setiap modus kegagalan pada subsistem diperoleh melalui tools yang dinamakan *Logic Tree Analysis* (LTA). Kemudian didapatkan perancangan kegiatan perawatan pada setiap komponen.

4.1 Sistem Pemeliharaan yang diterapkan Departemen Pemeliharaan 1 PT. Petrokimia Gresik

Struktur organisasi Departemen Pemeliharaan 1 PT. Petrikimia Gresik dibagi menjadi 6 bagian yang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi Departemen Pemeliharaan 1

a. Tugas Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan (Candal Har)

Secara umum Unit Perencanaan dan Pengendalian Pemeliharaan mempunyai tugas sebagai berikut:

1. Menyusun program pemeliharaan.
2. Mengendalikan program pemeliharaan.
3. Membuat laporan kegiatan pemeliharaan.
4. Mengevaluasi program pemeliharaan.
5. Menyiapkan dan menyusun anggaran pemeliharaan.
6. Menyiapkan gambar-gambar kerja.
7. Membantu pelaksanaan program improvement.

b. Tugas Unit Pemeliharaan (Mekanik, Listrik, Instrumen, Bengkel)

Secara umum tugas Unit Pemeliharaan mempunyai tugas dan kewajiban sebagai berikut:

1. Melaksanakan program *preventive maintenance*.
2. Melaksanakan program perbaikan tahunan.
3. Melaksanakan program *improvement maintenance*.
4. Melaksanakan pekerjaan *emergency*.

5. Mencatat segala aktivitas pada unit masing-masing yang terkait dengan pemeliharaan.
6. Melaporkan segala kegiatan dan aktifitas.
7. Melakukan perbaikan dan pengembangan desain tentang material, tata cara yang akan digunakan dalam pabrik.
8. Membuat dan memperbaiki bagian mesin yang rusak.
9. Pengembangan pipa dengan material tahan korosi.
10. Menentukan pengelasan yang akan digunakan.
11. Menentukan struktur yang akan dipakai oleh pabrik.

c. Tugas Unit TA dan Reabilitas

TA dan Reabilitas secara garis besar hampir mirip dengan Perencanaan dan Pengendalian, hanya saja dikhususkan pada perawatan tahunan dan masalah reabilitas pada pabrik I. Anggotanya langsung dipimpin oleh Kabag (kepala Bagian) dan tidak ada sie yang dibawahinya, hanya staff ahli yang mempunyai tugas masing-masing. Secara umum tugas Unit Pemeliharaan mempunyai tugas dan kewajiban sebagai berikut :

1. Membuat program Perbaikan Tahunan (PERTA) atau disebut juga *Turn Around* (TA)
2. Menyusun RCA (*Root Cause Analysis*) apabila terjadi masalah yang cukup besar
3. Mengurusi bagian material *Turn Around*

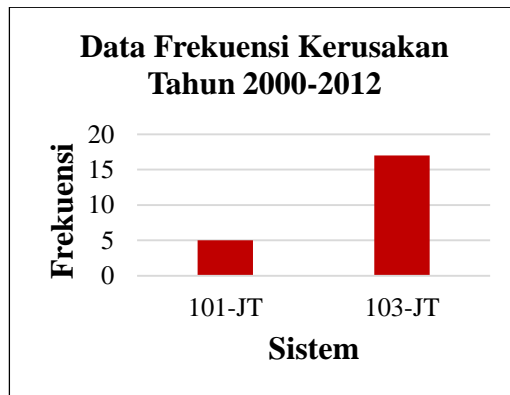
d. Tugas Shift Pemeliharaan

Kedudukan Shift Pemeliharaan atau Seksi Shift langsung berada dibawah koordinasi Kepala Departemen Pemeliharaan. Shift pemeliharaan ini

bertugas membantu kepala Departemen dalam melaksanakan program pemeliharaan khususnya diluar jam kerja normal.

4.2 Analisa Pemilihan Sistem

Tahap pertama yang dilakukan adalah pemilihan sistem yang akan diambil. Penentuan sistem ini didasarkan pada seringnya sistem tersebut mengalami kegagalan diantara sistem lain dengan tipe yang sama berada di Unit Amoniak Pabrik 1 PT. Petrokimia Gresik. Sistem turbin yang ada di Unit Amoniak yaitu 102-JT, 104-JT, 101-JT, 103-JT, 105-JT. Tipe yang sama dengan turbin 103-JT yaitu turbin 101-JT tipe *extraction condensing*. Data frekuensi kerusakan tahun 2000-2012 dari departemen pemeliharaan 1 ditunjukkan pada gambar 4.2.

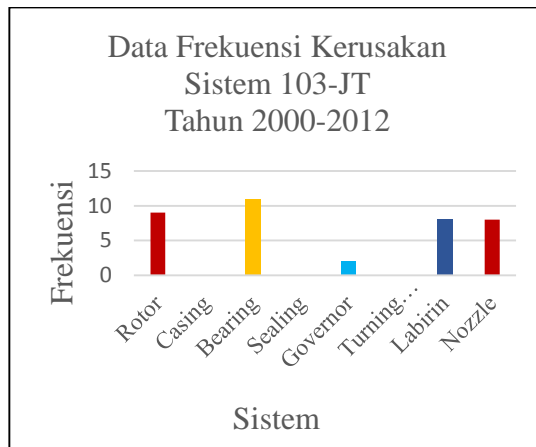


Gambar 4.2 Frekuensi Kerusakan

Berdasarkan dari data frekuensi kerusakan tersebut ditemukan sistem yang memiliki frekuensi kerusakan paling tinggi yaitu turbin 103-JT, sehingga sistem yang dipilih untuk pengolahan data ini yaitu sistem turbin 103-JT.

4.3 Analisis Pemilihan Komponen Kritis

Dari hasil penentuan komponen-komponen kritis akan dapat memetakan komponen apa yang dapat menyebabkan kegagalan dari turbin 103-JT. Penentuan komponen ini didasarkan pada seringnya komponen tersebut mengalami kegagalan. Data frekuensi kerusakan tahun 2000-2012 dari departemen pemeliharaan 1 ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Frekuensi kerusakan turbin 103-JT tahun 2000-2012

Berdasarkan dari data frekuensi kerusakan tersebut ditemukan komponen yang memiliki frekuensi kerusakan paling tinggi diantaranya rotor, bearing, labyrinth, dan nozzle, sehingga analisa komponen difokuskan pada keempat komponen tersebut.

4.4.1 Deskripsi Sistem

Deskripsi sistem digunakan untuk mengetahui batasan sistem perawatan dan mengetahui system kerja. *Steam* turbin 103-JT merupakan steam turbin buatan

MHI (*Mitsubitshi Heavy industry*) yang berfungsi sebagai penggerak *compressor syn gas*. 103-JT digerakan menggunakan *steam high pressure*. *Steam turbine* 103-JT memiliki 2 radial bearing (tipe sleeve-tilting pad) dan 1 aksial/*thrust* bearing. Sistem lubrikasi bearing steam turbine 103-JT dilayani oleh *oil console* 102-JLL1. Data sheet dari turbin 103-JT ditunjukkan pada tabel 4.1 dan deskripsi sistem ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data Sheet Steam Turbin 103-JT

Data 103-JT	
Rotor	: terdapat 2 spare 2LRH-6C dan 2LRH-6D
Manufaktur	: MHI
Model	: 5EH-7BD
Jenis	: ST Impuls dan Reaksi
Jumlah stage	: 7
Flow	: 41.780 Kg/h (normal), 80.000 Kg/h (max)
Inlet press/temp	: 122 Kg/cm ² , 510°C
Vibrasi	: Alarm 75 μ m, alarm 2: 80 μ m
Axial& temp	: Alarm 0,65 mm - Trip 0,85 mm. Temp alarm 120 °C trip 125 °C
Power	: 14537 kW
Speed	: 10340 rpm

Tabel 4.2 Deskripsi Sistem

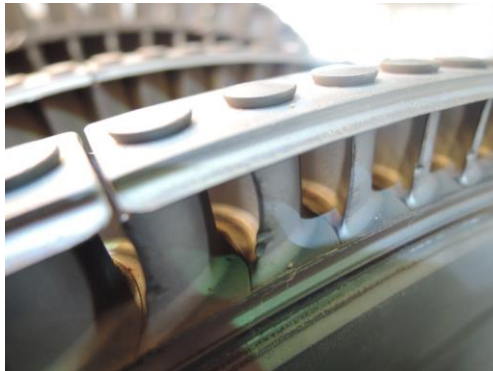
	System Description	Unit NH3
System Boundary Condition		
Plant	: Pabrik I	
Unit	: Amoniak	
System	: Syn gas	
Subsystem	: 103-JT	
Major Equipment Included		
Turbin 103-JT	: Bearing, Rotor, Nozzle, Labirin	
Operating Context		
<p>Energi statik dari steam (temperatur, <i>pressure</i>) dikonversikan/dirubah menjadi energy kinetik (flow velocity of steam), pada stationery blades (nozzle). Energi kinetik dikonversikan/di rubah menjadi gaya gerak putar oleh <i>rotating blade</i> (bucket) pada rotor. Energy mekanik disalurkan untuk menggerakkan kompresor <i>syn gas</i>.</p>		

4.4.2 Pengumpulan Data Kerusakan

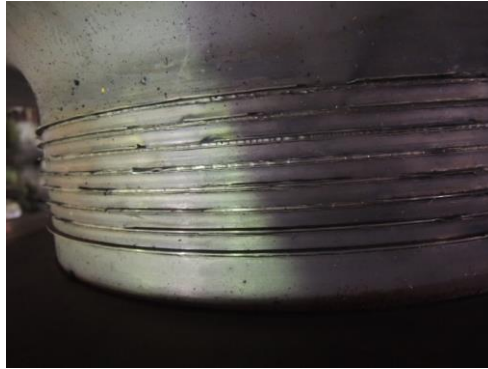
Berdasarkan data dari Departemen Pemeliharaan 1 PT. Petrokimia Gresik turbin 103-JT komponen yang sering mengalami kerusakan tertinggi yaitu bearing. Fungsi dari bearing ini sangat berpengaruh besar bagi turbin. Kerusakan yang sering dialami oleh bearing yaitu *thrust bearing melting* yang ditunjukkan pada gambar 4.4, selanjutnya kerusakan pada blade yang ditunjukkan pada gambar 4.5, dan kerusakan pada labyrinth ditunjukkan pada gambar 4.6. Data *Shutdown* komponen kritis turbin 103-JT secara lengkap ditunjukkan dalam tabel 4.3.



Gambar 4.4 Bearing Melting



Gambar 4.5 Blade Aus



Gambar 4.6 Labyrinth Rotor Damage

Tabel 4.3 Data Shutdown Nozzle, Bearing, Rotor, dan Labyrinth Turbin 103-JT

Data shutdown Turbin 103-JT 16 Oktober 2000 s/d 03 Januari 2013					
No.	Part	Start Fail	Restore	Maintenance	Downtime (hari)
1	Nozzle	16-Oct-2000	16-Nov-2000	Penggantian	31
		7-Oct-2003	29-Oct-2003	Penggantian 1st, 3rd stage	22
		25-Apr-2004	30-Apr-2004	Pengecekan 1st, 3rd stage	5
		1-Aug-2005	19-Aug-2005	Penggantian	18
		15-Dec-2007	28-Dec-2007	Penggantian 1st, 3rd stage	13
		10-Nov-2008	29-Nov-2008	Penggantian 1st, 2nd stage	19
		31-Oct-2009	7-Nov-2009	Penggantian 1st, 2nd stage	7
		28-Dec-2012	3-Jan-2013	Penggantian	6

2	Bearing	16-Oct-2000	16-Nov-2000	Penggantian Thrust Bearing	31
		20-Nov-2001	28-Nov-2001	Penggantian Journal Bearing Pad	8
		3-Feb-2002	11-Feb-2002	Penggantian Journal Bearing Pad	8
		5-Jan-2004	13-Jan-2004	Penggantian Thrust Bearing	8
		16-Apr-2004	23-Apr-2004	Penggantian Thrust Bearing	7
		25-Apr-2004	30-Apr-2004	Penggantian Thrust Bearing	5
		4-Oct-2005	9-Oct-2005	Penggantian Thrust Bearing	5
		4-Mar-2007	12-Mar-2007	Penggantian Thrust Bearing	8
		26-May-2007	10-Jun-2007	Penggantian Thrust Bearing	15
		10-Nov-2008	29-Nov-2008	Penggantian Journal Bearing	19
		1-Apr-2012	2-Apr-2012	Penggantian Thrust Bearing	1
		1-Jun-2012	2-Jun-2012	Penggantian Thrust Bearing	1
		1-Jul-2012	2-Jul-2012	Penggantian Thrust Bearing	1
		1-Aug-2012	2-Aug-2012	Penggantian Thrust Bearing	1
		16-Sep-2012	17-Sep-2012	Penggantian Thrust Bearing	1
		20-Sep-2012	21-Sep-2012	Penggantian Thrust Bearing	1
		21-Sep-2012	22-Sep-2012	Penggantian Thrust Bearing	1
		26-Sep-2012	27-Sep-2012	Penggantian Thrust Bearing	1

		28-Dec-2012	3-Jan-2013	Penggantian Thrust Bearing	6
4	Rotor	16-Oct-2000	16-Nov-2000	Penggantian	31
		7-Oct-2003	29-Oct-2003	Penggantian	22
		25-Apr-2004	30-Apr-2004	Penggantian	5
		1-Aug-2005	19-Aug-2005	Penggantian	18
		2-May-2007	10-May-2007	Penggantian	8
		26-May-2007	10-Jun-2007	Penggantian	15
		10-Nov-2008	29-Nov-2008	Penggantian	19
		14-Jun-2010	24-Jun-2010	Penggantian	10
		28-Dec-2012	3-Jan-2013	Penggantian	6
5	Labirin	16-Oct-2000	16-Nov-2000	Penggantian	31
		7-Oct-2003	29-Oct-2003	Penggantian	22
		16-Apr-2004	23-Apr-2004	Penggantian	7
		1-Aug-2005	19-Aug-2005	Penggantian	18
		2-May-2007	10-May-2007	Penggantian	8
		26-May-2007	10-Jun-2007	Penggantian	15
		14-Jun-2010	24-Jun-2010	Penggantian	10
		28-Dec-2012	3-Jan-2013	Penggantian	6

4.4.3 Fungsi, Kegagalan Fungsi, Modus Kegagalan, dan Efeknya

Dari data kerusakan di atas, selanjutnya menentukan kegagalan fungsi, modus kegagalan fungsi dan efek kegagalan fungsi dari tiap-tiap komponen. Analisis menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menjelaskan fungsi (*function*) komponen didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan oleh suatu komponen untuk memenuhi standar kinerja yang diharapkan. Kegagalan fungsi (*functional failure*) komponen. Fungsi komponen didefinisikan sebagai ketidakmampuan komponen dalam menjalankan fungsi

sehingga tidak dapat memenuhi standar kinerja yang diharapkan. Kegagalan fungsi (*functional failure*) komponen didefinisikan sebagai ketidakmampuan komponen dalam menjalankan fungsi sehingga tidak dapat memenuhi standar kinerja yang diharapkan. Modus kegagalan (*failure mode*) didefinisikan sebagai kejadian-kejadian yang mempunyai kemungkinan besar untuk menyebabkan kegagalan fungsi. Efek kegagalan (*failure effect*) didefinisikan sebagai dampak dari *failure mode* yang terjadi.

Sesuai diskusi dengan pihak Departemen Pemeliharaan PT. Petrokimia Gresik, keempat hal tersebut dimasukkan kedalam tabel *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk masing-masing komponen turbin 103-JT. Selanjutnya, tabel FMEA dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis				
No.	Function (Fungsi)	Functional Failure (Kegagalan Fungsi)	Failure Mode (Modus Kegagalan)	Failure Effect (Efek Kegagalan)

1.	<p><i>Thrust Bearing</i> untuk Menahan posisi aksial <i>shaft</i> rotor atau arah beban sejajar dengan sumbu poros, agar poros tetap berputar tanpa adanya gesekan</p>	1 A	<p><i>Clearence</i> antara rotor dengan bearing semakin kecil sehingga tidak dapat menahan posisi aksial atau gerakan maju mundur pada shaft rotor</p>	1 A 1	<p><i>Thrust Bearing Melting</i></p>	<p>1. Tidak ada bantalan untuk menahan posisi aksial rotor yang menyebabkan <i>clearance</i> antara rotor dengan bearing semakin kecil yang menyebabkan kerusakan pada rotor dan biaya perbaikan rotor lebih tinggi apabila rotor tersebut rusak</p> <p>2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3</p> <p>3. Tindakan <i>maintenance</i>:</p> <p>a. <i>Overhaul</i> 103-JT</p> <p>b. Lama perbaikan 20 jam</p> <p>4. Kerugian produksi:</p> <p>a. lama mati: 5 hari 5 jam</p> <p>b. lama <i>start up</i>: 1 hari</p> <p>c. Kerugian produksi:</p> <p>= 7 x Rp. 4jt/ton x 1350 ton/hari</p> <p>= Rp. 37.800.000.000,-</p>
----	--	--------	--	-------------	--------------------------------------	--

2	Journal Bearing Sebagai <i>support</i> /daya lincir untuk <i>shaft</i> turbin dari gaya radial atau arah beban tegak lurus dengan sumbu poros	2 A	Tidak dapat mensupport/daya lincir dari gaya tegak lurus poros	2 A 1	<i>Journal Bearing Melting</i>	<p>1. Tidak ada bantalan untuk menahan posisi radial rotor yang menyebabkan kerusakan pada rotor dan biaya perbaikan rotor lebih tinggi apabila rotor tersebut rusak</p> <p>2. Tindakan operator: Shutdown Pabrik NH3</p> <p>3. Tindakan <i>maintenance</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. <i>Overhaul</i> 103-JT b. Lama perbaikan 20 jam <p>4. Kerugian produksi:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. lama mati: 5 hari 5jam b. lama <i>start up</i>: 1 hari c. Kerugian produksi: = 7 x Rp. 4jt/ton x 1350 ton/hari = Rp. 37.800.000.000,-
---	---	--------	--	-------------	--------------------------------	--

				2 A 2	<i>Journal Bearing Housing</i> Posisi Tumpuan Pad Aus	1. Tidak ada bantalan untuk menahan rotor yang menyebabkan kerusakan pada rotor dan biaya perbaikan rotor lebih tinggi apabila rotor tersebut rusak 2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3 3. Tindakan <i>maintenance</i> : a. <i>Overhaul</i> 103-JT b. Lama perbaikan 20 jam 4. Kerugian produksi: a. lama mati: 5 hari 5 jam b. lama <i>start up</i> : 1 hari c. Kerugian produksi: = 7 x Rp. 4jt /ton x 1350 ton/hari = Rp. 37.800.000.000,-
--	--	--	--	-------------	--	--

3	Rotor sebagai Pengikat sudu-sudu turbin		Tidak dapat menyalurkan steam dengan baik	3 A 1	<i>Shroud</i> Rotor Tk. 6 retak	<p>1. Akan terjadi keretakan yang semakin besar, sudu turbin timbul getaran menyebabkan <i>unbalance</i> pada poros</p> <p>2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i></p> <p>Pabrik NH3</p> <p>3. Tindakan <i>maintenance</i>:</p> <p>a. <i>Overhaul</i> 103-JT</p> <p>b. Lama perbaikan 18 jam</p> <p>4. Kerugian produksi:</p> <p>a. lama mati: 5 hari 5 jam</p> <p>b. lama <i>start up</i>: 1 hari</p> <p>c. Kerugian produksi:</p> <p>= 7 x Rp. 4jt /ton x 1350 ton/hari</p> <p>= Rp. 37.800.000.000,-</p>
---	---	--	---	-------------	--	---

				3 A 2	<i>Blade</i> dan <i>Shroud</i> Rotor Tk. 1 terkikis	1. Sudu turbin timbul getaran menyebabkan <i>unbalance</i> pada poros 2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH ₃ 3. Tindakan <i>maintenance</i> : a. <i>Overhaul</i> 103-JT b. Lama perbaikan 18 jam 4. Kerugian produksi: a. lama mati: 5 hari 5 jam b. lama <i>start up</i> : 1 hari c. Kerugian produksi: = 7 x Rp. 4jt /ton x 1350 ton/hari = Rp. 37.800.000.000,-
--	--	--	--	-------------	--	--

				3 A 3	<p><i>7th Stage</i> Ujungnya a <i>Rubbing</i></p>	<p>1. Sudu turbin timbul getaran menyebabkan <i>unbalance</i> pada poros 2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3 3. Tindakan <i>maintenance</i>: a. <i>Overhaul</i> 103-JT b. Lama perbaikan 18 jam 4. Kerugian produksi: a. lama mati: 5 hari 5 jam b. lama <i>start up</i>: 1 hari c. Kerugian produksi: = 7 x Rp. 4jt /ton x 1350 ton/hari = Rp. 37.800.000.000,-</p>
--	--	--	--	-------------	--	---

				3 A 4	1st Stage Korosi	<p>1. Sudu turbin timbul getaran menyebabkan <i>unbalance</i> pada poros</p> <p>2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3</p> <p>3. Tindakan <i>maintenance</i>:</p> <p>a. <i>Overhaul</i> 103-JT</p> <p>b. Lama perbaikan 18 jam</p> <p>c. Biaya perbaikan</p> <p>4. Kerugian produksi</p> <p>a. lama mati: 5 hari 5 jam</p> <p>b. lama <i>start up</i>: 1 hari</p> <p>c. Kerugian produksi:</p> <p>= 7 x Rp. 4jt /ton x 1350 ton/hari</p> <p>= Rp. 37.800.000.000,-</p>
--	--	--	--	-------------	------------------------	--

				3 A 5	7 th Stage Pinnya terkikis	<p>1. Menyebabkan kocak pada sudu sehingga Sudu turbin timbul getaran menyebabkan <i>unbalance</i> pada poros</p> <p>2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3</p> <p>3. Tindakan <i>maintenance</i>:</p> <p>a. <i>Overhaul</i> 103-JT</p> <p>b. Lama perbaikan 18 jam</p> <p>4. Kerugian produksi:</p> <p>a. lama mati: 5 hari 5 jam</p> <p>b. lama <i>start up</i>: 1 hari</p> <p>c. Kerugian produksi:</p> <p>= 7 x Rp. 4jt/ton x 1350 ton/hari</p> <p>= Rp. 37.800.000.000,-</p>
--	--	--	--	-------------	--	---

4	Nozzle untuk Mengarahkan, menampahkan tekanan uap untuk memutar sudu (<i>blade</i>) turbin		Tidak dapat mengalirkan steam dengan baik	4 A 1	<i>Ist Stage Nozzle Erosi</i>	<p>1. Efisiensinya menurun dari perubahan energi kinetik menjadi gaya gerak putar oleh <i>blade</i> pada rotor</p> <p>2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3</p> <p>3. Tindakan <i>maintenance</i>:</p> <p>a. <i>Overhaul</i> 103-JT</p> <p>b. Lama perbaikan 18 jam</p> <p>4. Kerugian produksi:</p> <p>a. lama mati: 5 hari 5 jam</p> <p>b. lama <i>start up</i>: 1 hari</p> <p>c. Kerugian produksi: $= 7 \times \text{Rp. } 4\text{jt /ton} \times 1350 \text{ ton/hari}$ $= \text{Rp. } 37.800.000.000,-$</p>
---	--	--	---	-------------	-------------------------------	--

				4 A 2	<p><i>3rd Stage Nozzle Erosi</i></p> <p>1. Efisiensinya menurun dari perubahan energi kinetik menjadi gaya gerak putar oleh <i>blade</i> pada rotor</p> <p>2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3</p> <p>3. Tindakan <i>maintenance</i>:</p> <p>a. <i>Overhaul</i> 103-JT</p> <p>b. Lama perbaikan 18 jam</p> <p>4. Kerugian produksi:</p> <p>a. lama mati: 5 hari 5 jam</p> <p>b. lama <i>start up</i>: 1 hari</p> <p>c. Kerugian produksi: = 7 x Rp. 4jt/ton x 1350 ton/hari = Rp. 37.800.000.000,-</p>
--	--	--	--	-------------	---

				4A3	<p><i>2nd Stage Nozzle Erosi</i></p> <p>1. Efisiensinya menurun dari perubahan energi kinetik menjadi gaya gerak putar oleh <i>blade</i> pada rotor</p> <p>2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3</p> <p>3. Tindakan <i>maintenance</i>:</p> <p>a. <i>Overhaul</i> 103-JT</p> <p>b. Lama perbaikan 18 jam</p> <p>4. Kerugian produksi:</p> <p>a. lama mati: 5 hari 5 jam</p> <p>b. lama <i>start up</i>: 1 hari</p> <p>c. Kerugian produksi:</p> <p>= 7 x Rp. 4jt /ton x 1350 ton/hari</p> <p>= Rp. 37.800.000.000,-</p>
--	--	--	--	-----	--

5	Labyrinth Sebagai perapat steam antara rotor dengan stator		steam akan mudah bocor dari rotor	5 A 1	Labyrinth Aus	1. <i>Output steam</i> akan berkurang karena <i>steam</i> akan mudah keluar ke atmosfer melalui celah-celah stator dan rotor 2. Tindakan operator: <i>Shutdown</i> Pabrik NH3 3. Tindakan <i>maintenance</i> : a. <i>Overhaul</i> 103-JT b. Lama perbaikan 14 jam 4. Kerugian produksi: a. lama mati: 5 hari 5 jam b. lama <i>start up</i> : 1 hari c. Kerugian produksi: = 7 x Rp. 4jt/ton x 1350 ton/hari = Rp. 37.800.000.000,-
---	--	--	-----------------------------------	-------------	---------------	--

4.4.1 Analisis Kegagalan

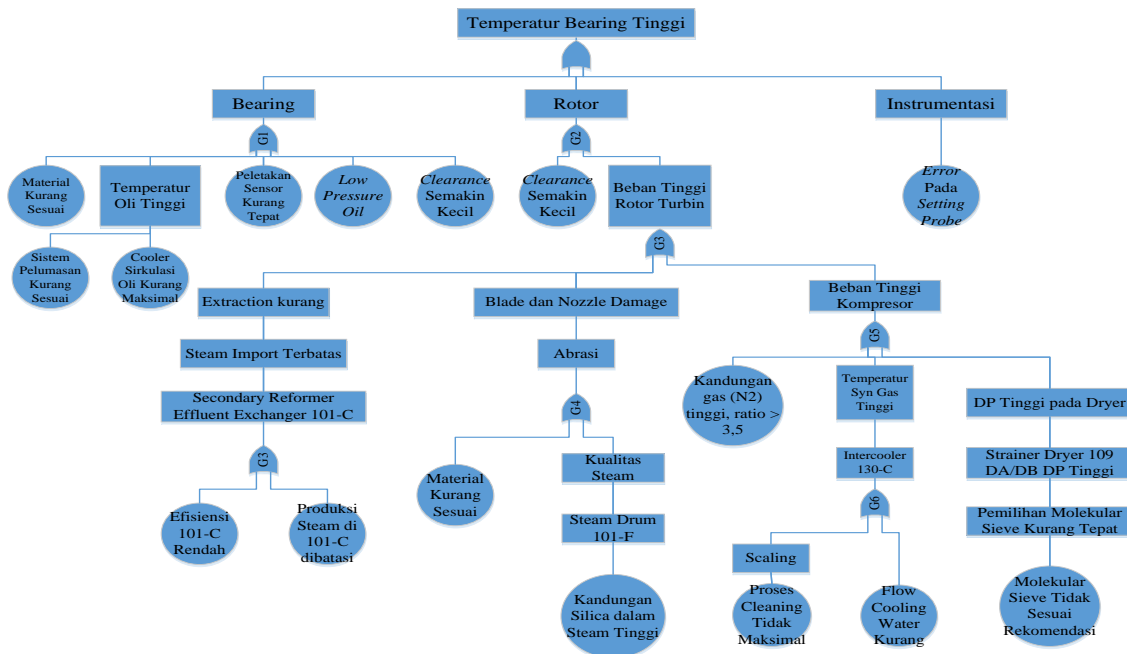
Pada tahap ini analisa kegagalan sistem dilakukan berdasarkan *failure mode* turbin 103-JT menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). Berdasarkan hasil diskusi dengan pihak Departemen Pemeliharaan PT. Petrokimia Gresik analisa kegagalan untuk failure mode bearing melting karena failure mode tersebut yang dinilai mempunyai pengaruh terbesar kerusakan yang sering terjadi pada turbin 103-JT.

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan salah satu cara identifikasi dari untuk menentukan dari mana kegagalan itu berasal. Identifikasi kegagalan bearing melting dimulai dari:

- Bearing melting yang menjadi *top event* dari FTA diindikasikan bisa berasal dari bearing, rotor, dan instrumentasi.
- Penyebab dari bearing gerbang 1 bisa dari material bearing kurang sesuai. Material bearing mengandung Sn mempunyai melting point 231°C, sedangkan oli mempunyai titik didih 300° sehingga bearing bisa panas sebelum oli mendidih, selanjutnya penyebab dari bearing gerbang 1 bisa dikarenakan peletakan sensor kurang tepat yang dapat menimbulkan adanya tahanan kontak sehingga pembacaan temperatur kurang tepat, selain itu bisa karena temperatur oli tinggi, *low pressure oil*, clearance bearing dengan shaft semakin kecil.
- Penyebab dari rotor gerbang 2 bisa dari clearance rotor dengan labirin semakin kecil, dan beban tinggi pada rotor turbin.
- Penyebab dari instrumentasi karena *error* pada *setting probe*.
- Beban tinggi pada rotor dari gerbang 3 bisa bermula dari *extraction* yang kurang, *blade* dan *nozzle damage*, beban dari kompresor.
- Gerbang 3 yaitu *extraction* kurang berawal dari steam import terbatas yang disebabkan oleh *secondary reformer effluent exchanger* 101-C.
- *Secondary reformer effluent exchanger* 101-C bisa disebabkan dari efisiensi 101-C rendah atau produksi steam di 101-C dibatasi karena ada aturan larangan venting natural gas. Produksi steam 101-C membutuhkan pembakaran natural gas lebih banyak.

- Dari gerbang 3, yaitu *blade* dan *nozzle damage* karena adanya abrasi bisa disebabkan dari material yang kurang sesuai atau dari kualitas *steam* yang berasal dari *steam* drum 101-F yang kandungan silicanya dalam *steam* tinggi.
- Selanjutnya dari gerbang 3, yaitu beban kompresor bisa dari kandungan gas (N₂) tinggi, temperatur *syn* gas tinggi, dan DP (*differential pressure*) tinggi pada *dryer*.
- Temperatur *syn* gas tinggi disebabkan karena *intercooler* 130-C bisa karena *scaling* yang disebabkan oleh proses *cleaning* tidak maksimal, selain itu bisa karena *flow cooling water* kurang.
- DP tinggi pada *dryer* disebabkan strainer dryer 109 DA/DB/DP tinggi karena pemilihan *molecularsieve* kurang tepat dan juga *molecularsieve* tidak sesuai rekomendasi.

Dari analisa yang telah dilakukan penyebab munculnya failure mode itu terjadi dikarenakan kualitas *steam* yang masuk kedalam turbin 103-JT masih mengandung silica. Analisis kegagalan menggunakan *Fault Tree Analysis* untuk temperatur bearing tinggi ditampilkan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Fault Tree Analysis* Temperatur Bearing Tinggi

4.4.2 Analisis *Maintenance Task*

Pada tahap ini analisis *maintenance task* menggunakan *Logic Tree Analysis*. Analisa kegagalan sistem dilakukan berdasarkan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang telah didefinisikan sebelumnya. Analisis sesuai tahapan *RCM2 Decision Diagram* digunakan untuk mencari *maintenance task* yang sesuai dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure mode* yang terjadi pada tiap-tiap komponen. Selanjutnya analisis *maintenance task* tersebut diisikan kedalam tabel 4.5

Tabel 4.5 *Logic Tree Analysis*

Logic Tree Analysis														
FF No.	FM No.	Consequence Evaluation (Y/N)				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default Task			Purposed Task	Maintenance Condition	
		H	S	E	O				H4	H5	S4			
1A	1A1	N				N	N	N	N	Y		Cek temperatur bearing tidak boleh >120°C, dilakukan penurunan beban, pengaturan <i>pressure oil</i> , selanjutnya dilakukan penggantian <i>thrust bearing</i> , <i>redesign</i> pada pemilihan material dan sistem pelumasan	<i>shut down</i>	

2A	2A1	N				N	N	N	Y			Cek temperatur bearing tidak boleh >120°C, dilakukan penurunan beban, pengaturan <i>pressure oil</i> , selanjutnya dilakukan penggantian <i>journal bearing</i> , dan <i>failure finding</i>	
2A	2A2	N				N	N	N	Y			Cek temperatur bearing tidak boleh >120°C, dilakukan penurunan beban, pengaturan <i>pressure oil</i> , selanjutnya dilakukan penggantian <i>journal bearing</i> , dan <i>failure finding</i>	

3A	3A1	N				N	N	Y				Mengganti rotor atau penggantian saat overhaul, scheduled discard task	shut down
3A	3A2	N				N	N	Y				Mengganti rotor atau penggantian saat overhaul, scheduled discard task	shut down
3A	3A3	N				Y						Cek getaran tidak boleh >75µm, schedule on condition task	
3A	3A4	N				N	N	Y				Mengganti rotor atau penggantian saat overhaul, scheduled discard task	shut down
3A	3A5	N				N	N	Y				Cek getaran tidak boleh >75µm dan penggantian pin saat	shut down

												<i>overhaul, schedule discard task</i>	
4A	4A1	N				N	N	Y				Mengganti nozzle atau penggantian saat <i>overhaul, scheduled discard task</i>	<i>shut down</i>
4A	4A2	N				N	N	Y				Mengganti nozzle atau penggantian saat <i>overhaul, scheduled discard task</i>	<i>shut down</i>
4A	4A3	N				N	N	Y				Mengganti nozzle atau penggantian saat <i>overhaul, scheduled discard task</i>	<i>shut down</i>

5A	5A1	N			Y							Cek getaran tidak boleh >75μm, <i>schedule on condition task</i>	<i>shut down</i>
----	-----	---	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	------------------

Kolom 1 dan 2 menunjukkan identitas *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang dianalisis, yaitu *Functional Failure* (FF) dan *Failure Mode* (FM). Kolom *consequence evaluation* merupakan evaluasi konsekuensi kegagalan atau dampak yang ditimbulkan jika kegagalan terjadi. Terdapat beberapa konsekuensi atau dampak yang ditimbulkan, yaitu *hidden failure consequences* (H) pada kolom 3, *safety consequences* (S) pada kolom 4, *environmental consequences* (E) pada kolom 5 dan *operational consequences* (O) pada kolom 6. Kolom 3 sampai dengan kolom 6 tersebut dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *failure mode* mempunyai dampak atau konsekuensi pada masing-masing aspek tersebut dan dapat diisi No (N) apabila sebaliknya.

Suatu kegagalan digolongkan dalam *hidden failure consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat diketahui oleh operator dalam kondisi normal. Suatu kegagalan digolongkan dalam *safety consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan membunuh seseorang. Suatu kegagalan digolongkan dalam *environmental consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat melanggar peraturan atau standar lingkungan perusahaan, wilayah atau internasional. Suatu kegagalan digolongkan dalam *operational consequences* apabila *failure mode* yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan, dan biaya tambahan dalam perbaikan.

Hasil analisis *consequence evaluation* digunakan untuk menentukan strategi perawatan efektif yang terdapat pada kolom 7 sampai dengan kolom 12. Teknik menangani kegagalan ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu pada kolom 7 sampai dengan 9 yang disebut dengan *proactive task* dan kolom 10 sampai dengan 12 yang disebut dengan *default action*. *Proactive task* adalah pekerjaan yang dilakukan untuk mencegah kegagalan

pada peralatan sebelum terjadinya kegagalan. Sedangkan *default action* adalah kegiatan yang dilakukan pada saat peralatan sudah mengalami kegagalan dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif.

Kolom 7 sampai dengan kolom 9 digunakan untuk menentukan salah satu kebijakan *proactive task* yang sesuai untuk masing-masing *failure mode* yang terjadi. Pada kolom 7 (H1/S1/O1/N1) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *scheduled on condition task* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Scheduled on condition task* mencakup kegiatan pengecekan sehingga konsekuensi kegagalan yang terjadi dapat hilang atau berkurang. Kegiatan ini mencakup semua bentuk *condition monitoring* dan *predictive maintenance*.

Kolom 8 (H2/S2/O2/N2) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *scheduled restoration task* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Scheduled restoration task* mencakup kegiatan rekondisi komponen untuk mengembalikan kemampuan asal atau melakukan *overhaul* pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi komponen pada saat perbaikan. Kegiatan ini mencakup *interval based maintenance* dan *preventive maintenance*.

Kolom 9 (H3/S3/O3/N3) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *scheduled discard task* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk mengantisipasi atau mencegah *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Scheduled discard task* mencakup kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan atau sesuai interval waktu tertentu tanpa memandang kondisi komponen saat penggantian.

Apabila pada kolom 7 sampai dengan kolom 9 terisi No (N) maka salah satu *default action* yang sesuai dapat dipilih pada kolom 10 sampai dengan kolom 12 untuk masing-masing *failure mode* yang terjadi. Kolom 10 (H4) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *failure finding task* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk menangani *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Failure finding task* merupakan kegiatan memeriksa fungsi tersembunyi untuk mengetahui apakah komponen tersebut sudah mengalami kegagalan. Kolom 11 (H5) dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *redesign* merupakan kebijakan perawatan yang sesuai untuk menangani *failure mode* yang terjadi dan diisi No (N) apabila sebaliknya. *Redesign* mencakup modifikasi atau perubahan kemampuan suatu sistem termasuk perubahan peralatan dan prosedur kerja. Kolom 12 (S4) merupakan kolom terakhir yang merupakan *no scheduled maintenance*. *No scheduled maintenance* adalah tindakan tidak melakukan perawatan apapun atau membiarkan peralatan sampai rusak baru diperbaiki. Hal ini dilakukan karena konsekuensi kegagalan tidak berpengaruh terhadap apapun. Hal ini merupakan kasus dimana konsekuensi kegagalan yang terjadi berpengaruh secara ekonomis. Dengan kata lain, biaya yang dikeluarkan akan lebih mahal jika dilakukan aktifitas perawatan atau pencegahan daripada memperbaiki peralatan ketika benar-benar rusak sehingga pada kolom *proposed task* dapat ditentukan *maintenance task* yang paling tepat.

4.4 Rekomendasi

Rekomendasi tindakan yang dihasilkan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai perencanaan tindakan terhadap masing-masing *failure mode* komponen dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4. 6 Rekomendasi *Mintenance Task*

No	Kategori	<i>Failure Mode</i>
1.	<i>Scheduled on condition</i>	Blade Rotor Rubbing, Labyrinth Aus.
2.	<i>Scheduled restoration</i>	-
3.	<i>Scheduled discard</i>	<i>Shroud Rotor Tk. 6 retak, Blade dan Shroud Rotor Tk. 1 terkikis, 1st Stage Korosi, 7th Stage Pinnya terkikis, 1st Stage Nozzle Erosi, 3rd Stage Nozzle Erosi, 2nd Stage Nozzle Erosi.</i>
4.	<i>Failure finding</i>	Journal Bearing Melting, Journal Bearing Housing Aus
5.	<i>Redesign</i>	Thrust Bearing Melting
6.	<i>No scheduled maintenance</i>	-

Selain *maintenance task* yang telah didapatkan pada tabel 4.6 juga didapatkan rekomendasi untuk turbin 103-JT yaitu:

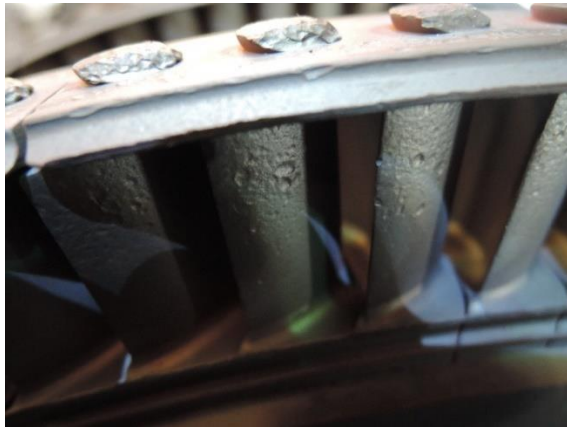
1. Dilakukan proses cleaning terlebih dahulu sebelum mesin start.
2. Setting alarm untuk temperatur terlalu dekat dengan trip, sehingga lebih baik setting alarm diturunkan.
3. Pada turbin 103-JT ini sering mengalami kegagalan dan sebagian besar penyebab utama dari kerusakan yaitu terdapat kandungan silica didalam *steam* sehingga direkomendasikan untuk memiliki indikator kandungan *steam*.
4. Perlu dilakukan pengecekan rutin untuk kandungan *steam*.
5. Perlu pengecekan sensor temperatur keluar dari *cooler* pelumasan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

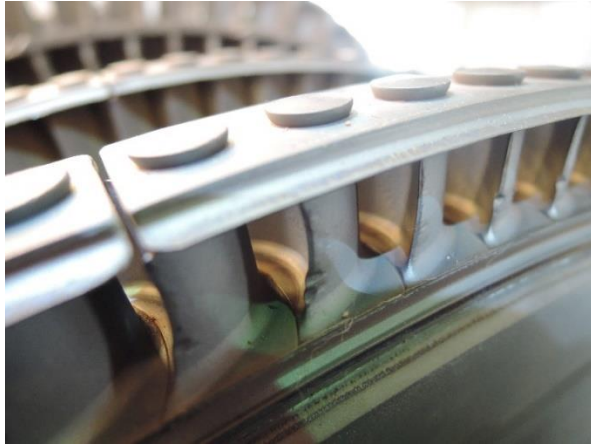
LAMPIRAN



Gambar 1 Pin Blade Aus



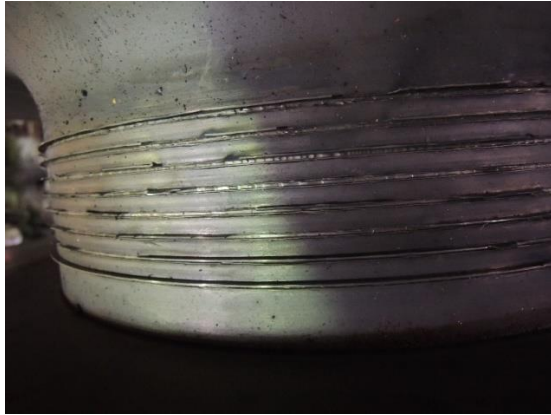
Gambar 2 Blade Abrasi



Gambar 3 Blade Aus



Gambar 4 Rotor



Gambar 5 Labyrinth Rotor Aus



Gambar 6 Blade Abrasi



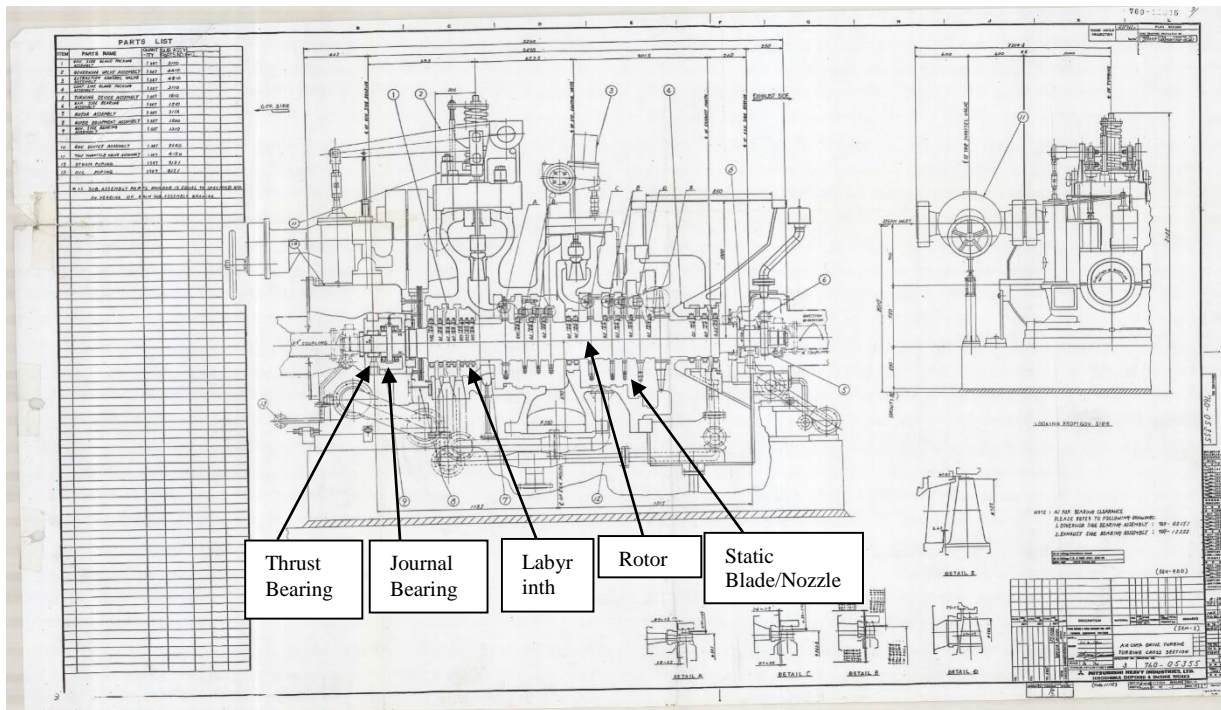
Gambar 7 Thrust Bearing Melting



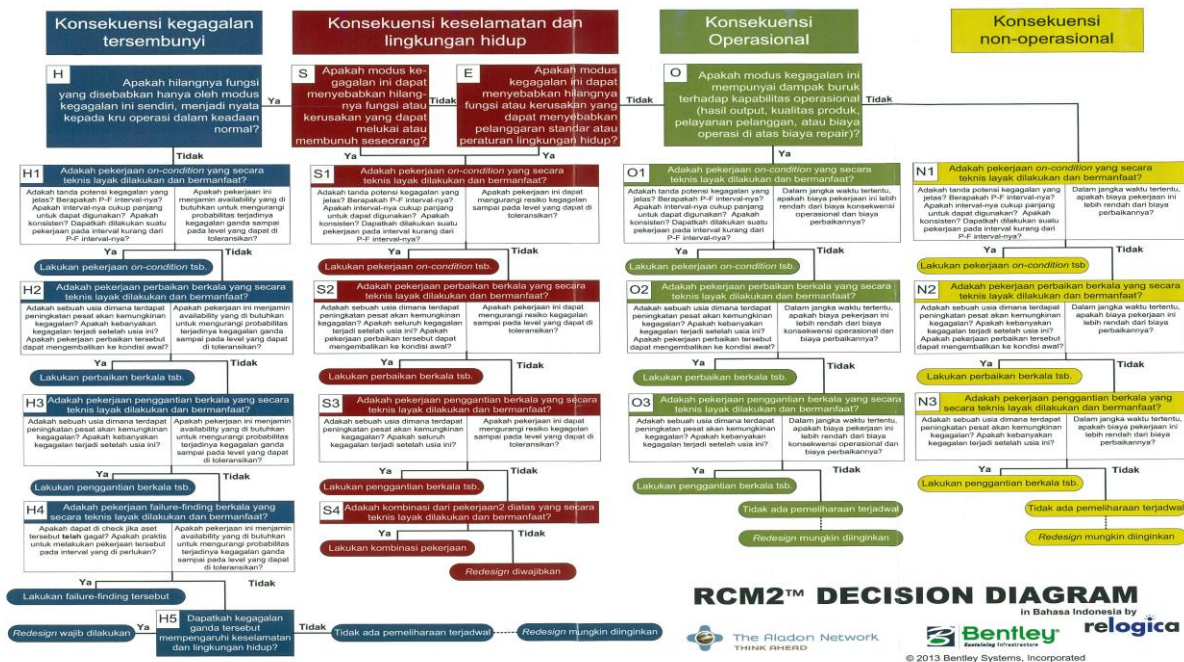
Gambar 8 Thrust Bearing Melting



Gambar 9 Nozzle Damage

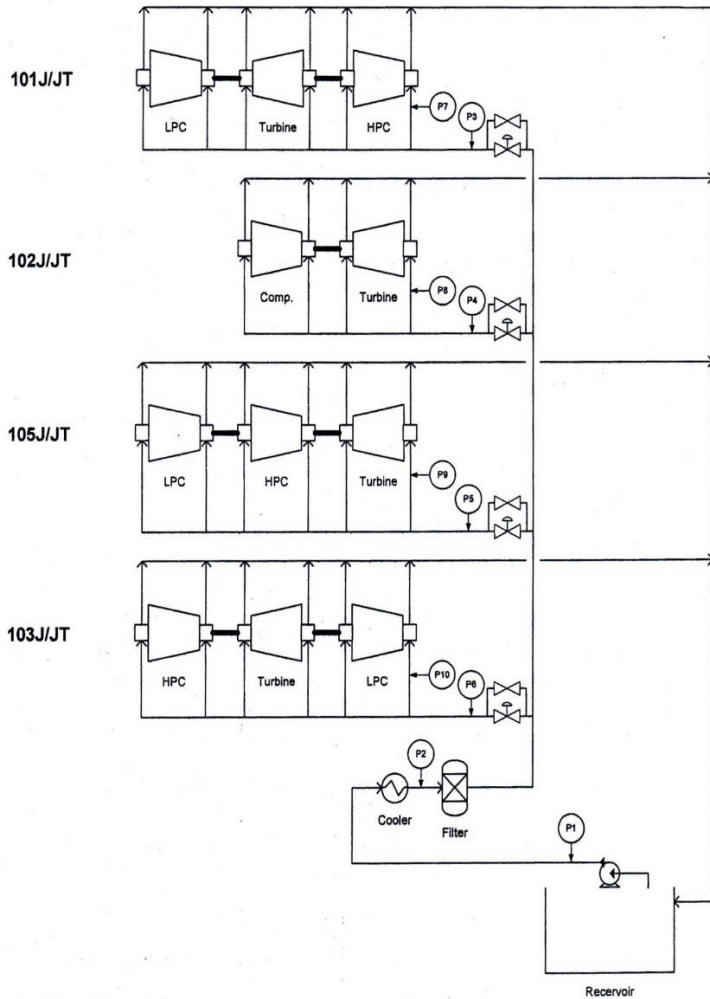


Gambar 10 Gambar Teknik Turbin 103-JT



Gambar 11 RCM 2 Decision Diagram

Lube Oil Compressor and Turbine System



Gambar 12 Aliran Pelumasan Pada Turbin dan Kompresor Unit Amoniak

Handwritten yellow text at the top: Sensor Vibros 1

Technical drawing of a circular machine component, likely a motor or generator, showing internal stator windings and rotor assembly. The drawing is labeled "SECTION OF ROTATION" and "SECTION AA".

Handwritten yellow text at the bottom: Sensor Temp

Labels on the drawing include: PORT, OIL SEAL RING, HOUSING, WINDING, MOTOR, PULCHING (ALL BOLTS), and 43.

Gambar 14 Letak Sensor Journal Bearing

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari analisa kegagalan yang telah dilakukan dapat diketahui penyebab utama sering rusaknya sistem turbin 103-JT dari temperatur bearing tinggi yang menyebabkan bearing tersebut melting dan mempengaruhi kegagalan komponen lain.
2. Dari analisa kegagalan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) temperatur bearing tinggi dikarenakan kualitas steam yang masih mengandung silica, dan juga jumlah total steam yang masuk turbin 103-JT dibatasi.
3. Didapatkan *maintenance task* yang tepat menggunakan *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk masing-masing komponen kritis. Dari 12 *failure mode* didapatkan 2 kategori yaitu:
 - 2 *failure mode* dengan *scheduled on condition task* yaitu tindakan yang diambil dengan melakukan kegiatan pengecekan sehingga konsekuensi kegagalan yang terjadi dapat hilang atau berkurang. Kegiatan ini mencakup semua bentuk *condition monitoring* dan *predictive maintenance*.
 - 7 *failure mode* dengan *scheduled discard task* yaitu tindakan yang diambil dengan melakukan penggantian komponen dengan komponen baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan atau sesuai interval waktu tertentu tanpa memandang kondisi komponen saat penggantian.

- 2 *failure mode* dengan *failure finding* yaitu tindakan yang diambil dengan melakukan pengecekan saat system tersebut sudah gagal berfungsi. Aktivitas perawatan dilakukan agar tidak meningkatkan resiko.
- 1 *failure mode* dengan *redesign* yaitu modifikasi terhadap peralatan atau prosedur kerja. Aktivitas perawatan *redesign* dapat dilakukan dengan cara mengganti spesifikasi komponen bearing dengan material yang memiliki *melting point* lebih tinggi dibandingkan material yang dipakai saat ini.

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil dari pengolahan data yang diperoleh, penulis tugas akhir menyarankan agar Reliability Centered Maintenance (RCM) ini dapat diterapkan dalam sistem perawatan 103-JT Unit Amoniak PT. Petrokimia Gresik.
2. PT. Petrokimia Gresik diharapkan mendata atau menyimpan secara lengkap seluruh data kerusakan yang terjadi pada sistem turbin 103-JT.
3. Pihak perusahaan hendaknya melakukan tindakan perawatan pencegahan secara intensif untuk menghindari terjadinya kerusakan yang dapat mempengaruhi biaya perawatan dan perbaikan komponen.
4. Diperlukan pencatatan secara berkala pada setiap kegiatan perawatan yang dilakukan. Pelaksanaan kegiatan perawatan ini dapat dilakukan dengan memperhatikan pertimbangan kondisi komponen serta biaya yang diperlukan untuk perbaikan maupun penggantian komponen tersebut. Hal ini sangat penting untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hendro Asisco., Kifayah Amar., Yandra R P. 2012. *Usulan Perencanaan Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Perkebunan Nusantara VII (PERSERO) Unit Usaha Sungai Niru Kab. Muara Enim*. Yogyakarta: Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Negeri.
- [2] Rizauddin, R., and M, Nizam Arffin, 2012. *Reliability Centered Maintenance in Schedule Improvement of Automotive Assembly Industry*. Malaysia.
- [3] Barai, R M., Barve, P S., Harde, A V., and Kadam, A D. 2012. *Reliability Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower*. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering.
- [4] Azka Nur A., Kusumaningrum. Hendro P. 2014. *Usulan Kebijakan Perawatan Area Produksi Trim Chassis dengan Menggunakan metode Reliability Centered Maintenance*. Bandung: Jurnal Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Nasional.
- [5] M. Tahril Azis., M. Salman S., Teguh P P. 2009. *Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Berbasis Web pada Sistem Pendingin Primer Di Reaktor Serbaguna GA. Siwabessy*. Yogyakarta. Jurnal Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gajah Mada.
- [6] Trisya Wulandari. 2011. *Analisa Kegagalan Sistem dengan Fault Tree*. Depok: Tugas Akhir Universitas Indonesia.

- [7] NASA.2000. *Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Componen.*
- [8] Anita Rindiyah. 2014. *Penurunan Persediaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance.* Surabaya: Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin ITS.

TENTANG PENULIS



Zieda Amalia dilahirkan pada tanggal 06 Januari 1993 di Surabaya. Merupakan anak ketiga dari pasangan Syaiful Karim dan Farida Chusnah. Memiliki kakak bernama M. Yogi Asy'ari Karim dan Fie Fawaiddah Fajrin. Penulis sejak kecil hidup dan besar di Surabaya. Penulis memulai pendidikan dari bangku sekolah dasar di SD Ta'Miriyah Surabaya

hingga tahun 2003 di SD Negeri Jajar Tunggal III Surabaya hingga tahun 2005, kemudian melanjutkan di SMP Negeri 16 Surabaya hingga tahun 2008, lalu melanjutkan pendidikan di SMA Darul Ulum 2 BPPT RSBI Jombang hingga tahun 2011. Setelah lulus dari bangku sekolah menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Mesin melalui jalur Undangan. Penulis mengambil bidang studi sistem manufaktur dengan Tugas Akhir spesifik pada arah Sistem Pemeliharaan. Semasa di bangku perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai bidang kegiatan perkuliahan seperti organisasi kemahasiswaan dan kepanitiaan kegiatan kemahasiswaan. Organisasi Kemahasiswaan yang pernah diikuti oleh penulis adalah Himpunan Mahasiswa Mesin yaitu sebagai sekretaris Departemen Umum pada periode 2012-2013. Disamping itu penulis juga aktif dalam kepanitiaan kegiatan kemahasiswaan seperti IEMC, Mechanical City, dan lain-lain. Penulis dapat dihubungi melalui email berikut: zieda.amalia@gmail.com